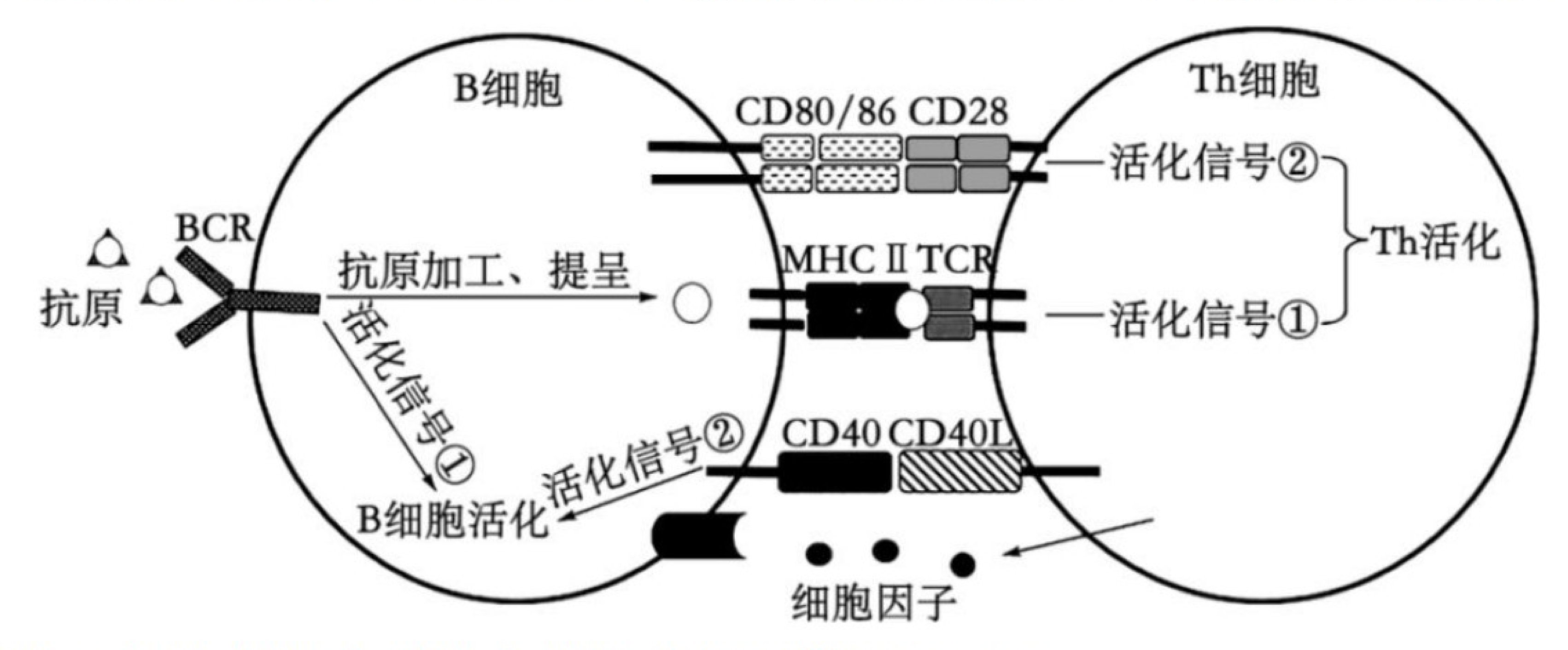
12．B 细胞与 Th 细胞相互作用之后被活化的过程如图所示。CD80/86 是 B 细胞识别抗原后表达的蛋白质，CD40L 是 Th 细胞活化后表达的蛋白质，BCR 和 TCR 分别是 B 细胞和 T 细胞表面的受体，CD40、MHCⅡ、CD28 均为细胞表面蛋白。下列叙述错误的是（ **B** ）

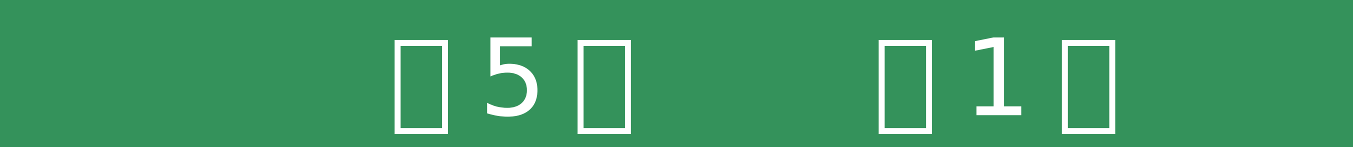


A．活化 B 细胞的两个信号分别是抗原刺激和 CD40L

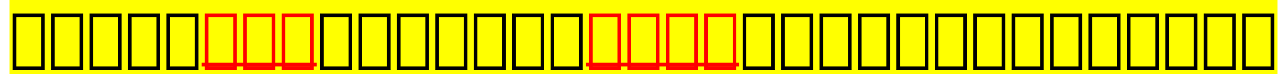
B．图示过程中，B 细胞活化时间早于 Th 细胞活化时间

C．体液免疫过程中，B 细胞与 Th 细胞可相互提供信息

D．图中 B 细胞与 Th 细胞采取不同的方式识别同一抗原

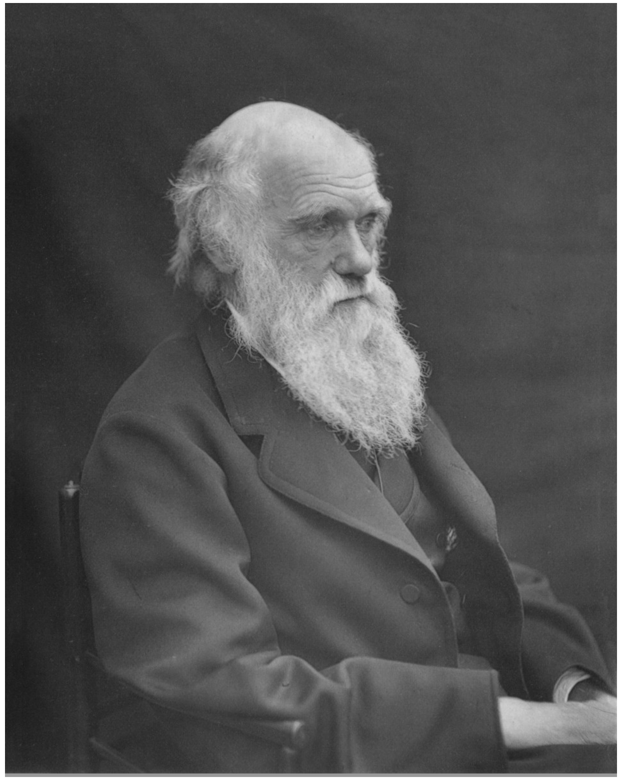


向光性：在单侧光的照射下，植物朝向光源方向生长的现象，叫做向光性。

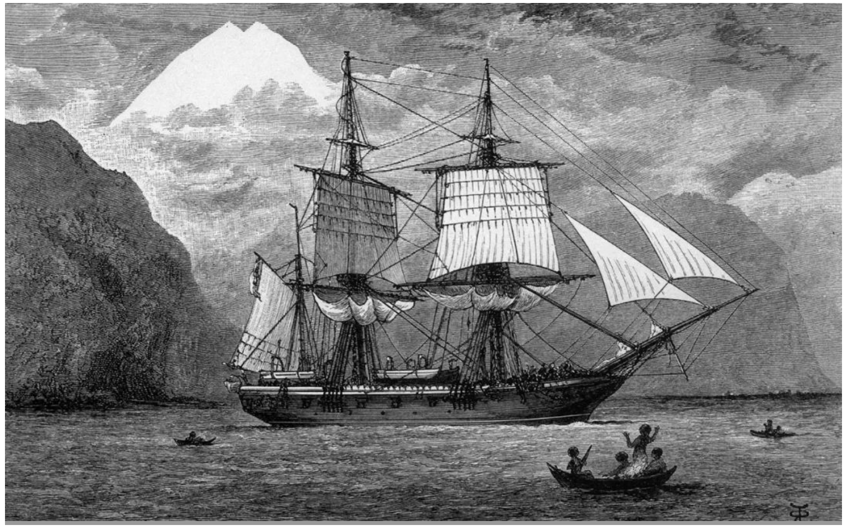


一、生长素的发现过程

许多人可能对这种现象熟视无睹；但是，达尔文早就注意到植物的向光性，并设计实验研究植物具有向光性的原因；



达尔文（1809-1882）



贝格尔号

达尔文在环球科学考察的旅途中，他养了几只鸟，又在船舱中种植了一些喂鸟用的金丝雀虉草。船舱很暗，只有舷窗能透进阳光。达尔文当时就注意到，植物的幼苗都向舷窗的方向弯曲生长。

金丝雀虉草

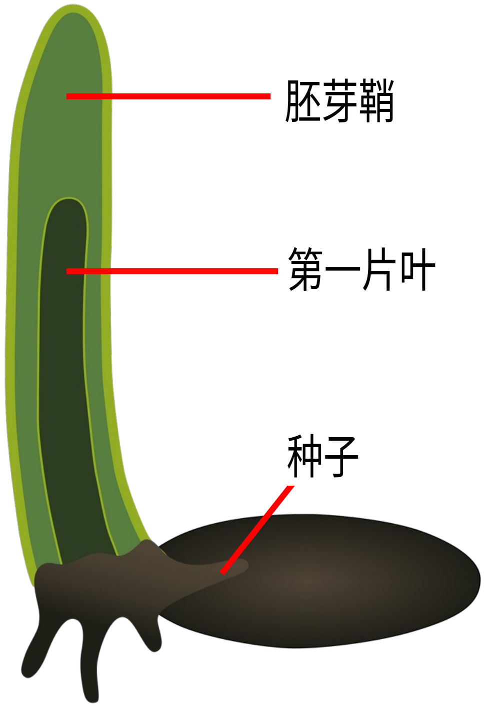
(一) 达尔文父子的实验 (19 世纪末)

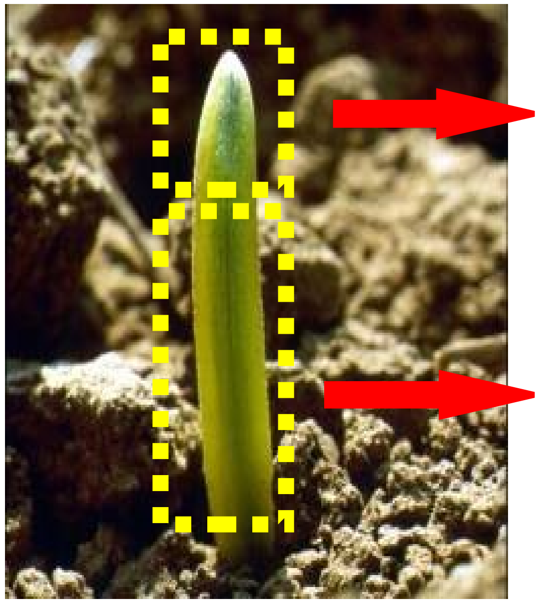
1. 实验材料：金丝雀虉草胚芽鞘

- 双子叶植物（如花生）
- 单子叶植物，（如玉米、小麦、水稻）

特别是禾本科植物胚芽外的锥形套状物叫作胚芽鞘，能保护生长中的胚芽。

种子萌发时，胚芽鞘首先钻出地面，出土后还能进行光合作用。



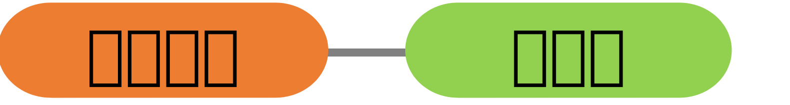


尖端

尖端下部

问题 **1** ：胚芽鞘的向光性与哪个结构有关?

生活现象 达尔文 2. 实验过程 ①对照（单侧光） ②去掉尖端 ③罩住尖端 ④罩住尖端下部向光弯曲生长 不弯曲不生长 直立生长 向光弯曲生长



生活现象 — 达尔文

3. 实验分析

（分析每一组对照的自变量和结论）

①	②	③	④
向光弯曲生长	不弯曲不生长	直立生长	向光弯曲生长

问题 **3** ：弯曲生长的部位在哪里？

① 与②对照：

自变量：有无尖端

结论：向光性与胚芽鞘尖端有关；

生长也与胚芽鞘有关

① 与③对照：

自变量：尖端是否感光

结论：向光性与尖端感受单侧光有关

① 与④对照：

自变量：尖端下部是否感光

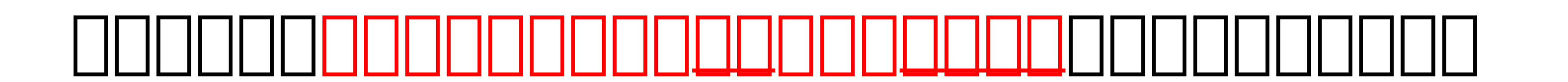
结论：向光性与尖端下部感受单侧光无关

①、③与④对照：

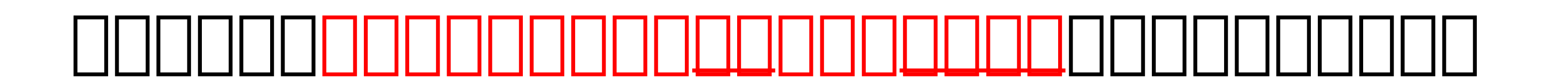
自变量：感光部位

结论：感光部位是尖端

【思维拓展】生长（伸长）部位在尖端还是在尖端下部，如何设计实验证明？



【思维拓展】生长（伸长）部位在尖端还是在尖端下部，如何设计实验证明？



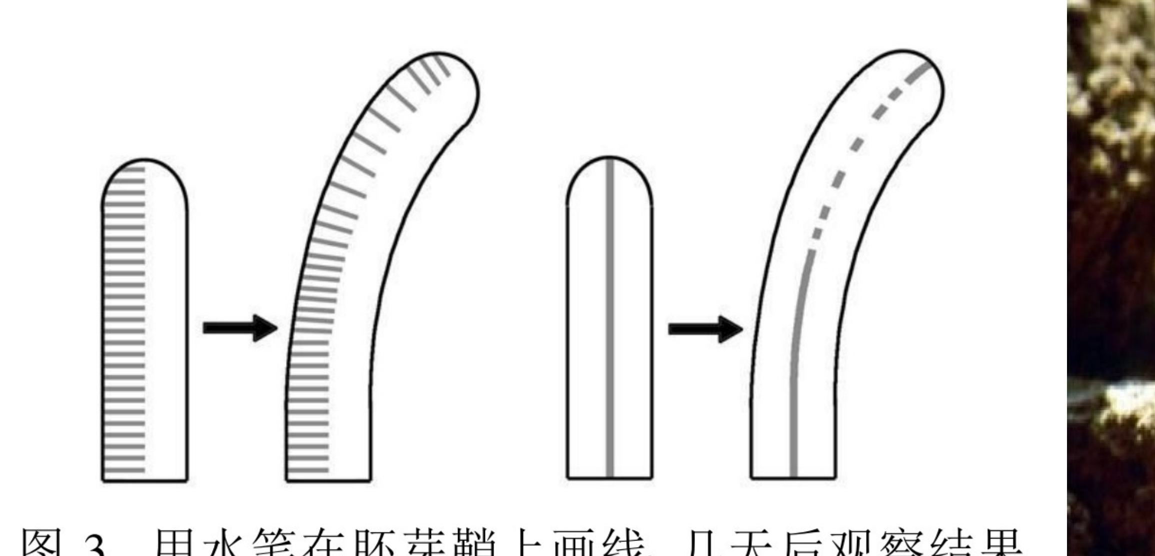
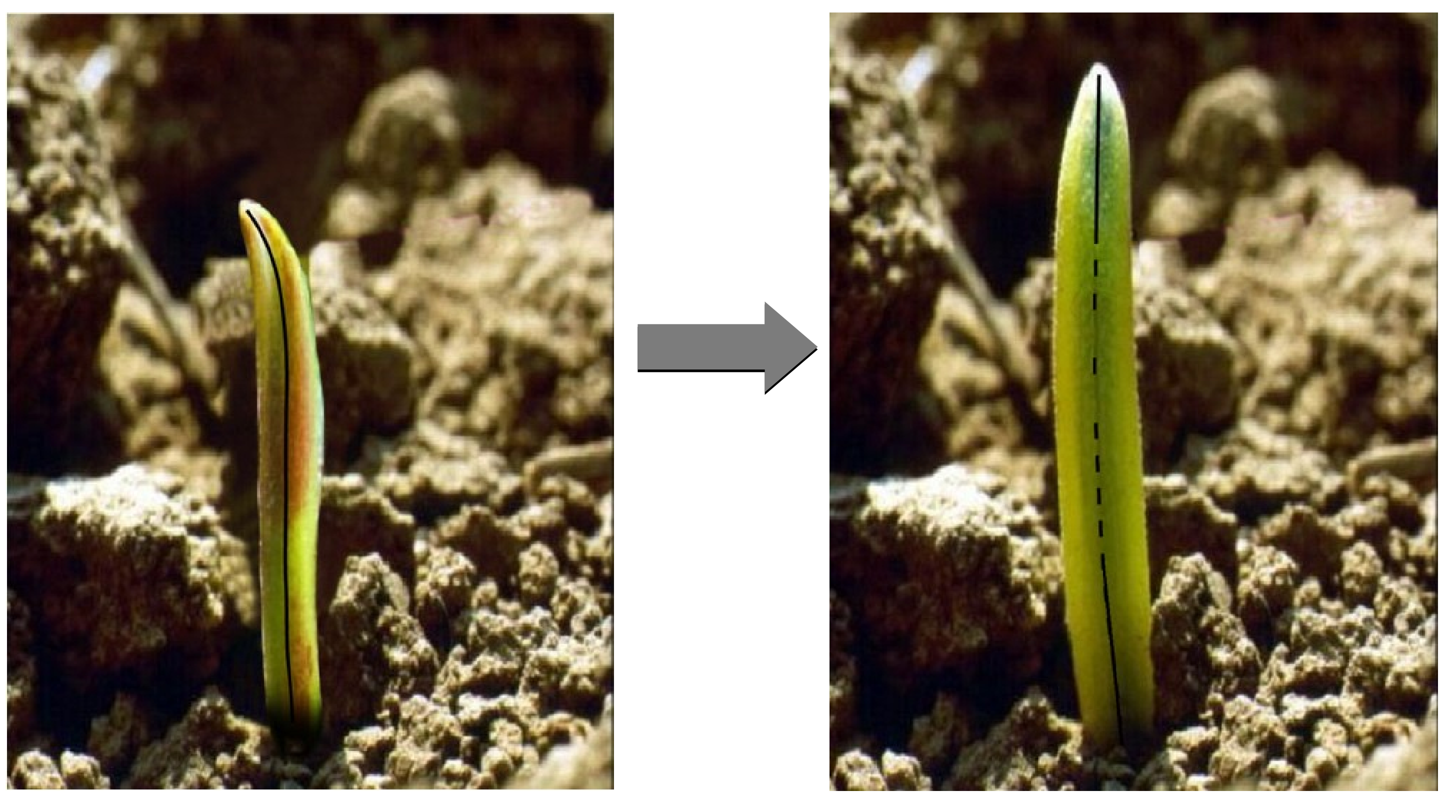
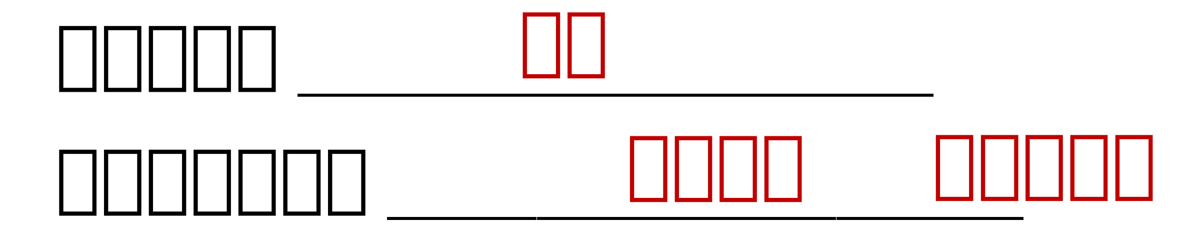
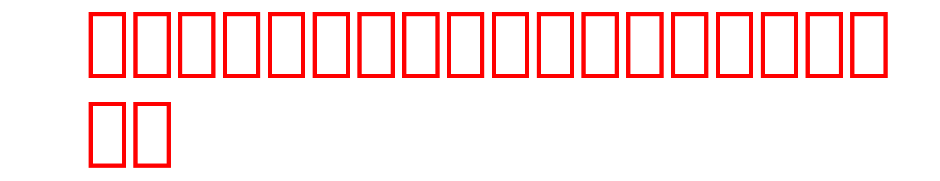


图 3　用水笔在胚芽鞘上画线，几天后观察结果



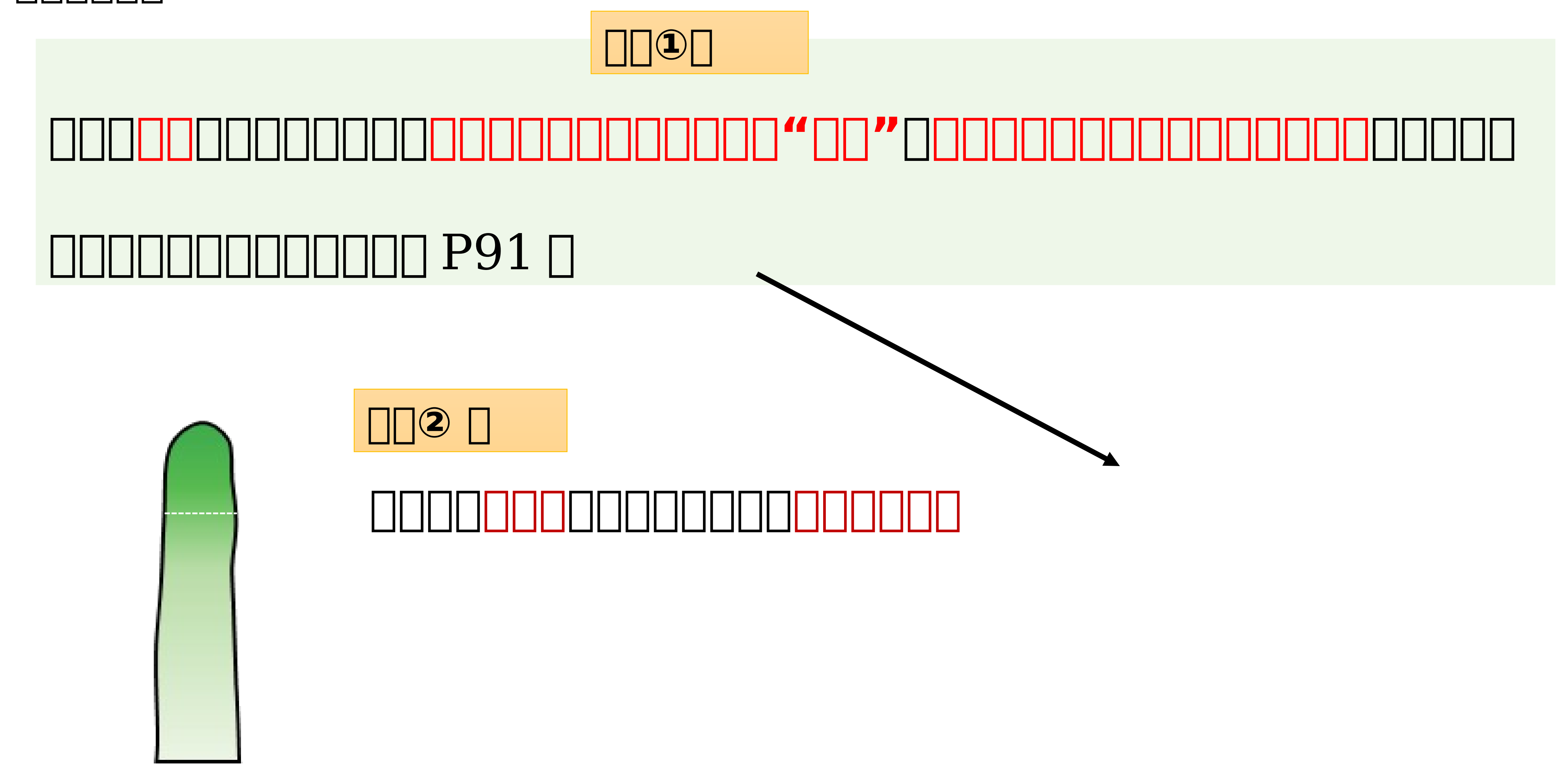




4. 达尔文的推测
推测①：
胚芽鞘尖端受单侧光刺激后，就向下面的伸长区传递某种“影响”，造成伸长区背光面比向光面生长快，因而使胚

芽鞘出现向光性弯曲。（教材P91）

推测② ：
可能因为该影响在向光侧和背光侧分布不均匀。

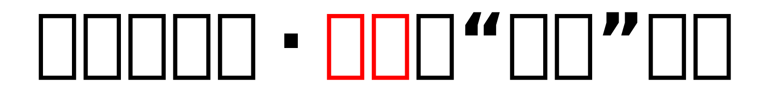


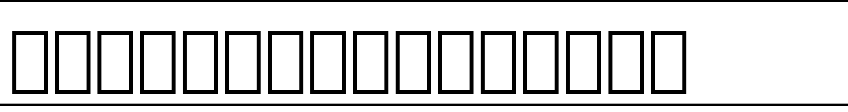
证明达尔文的推测 1：尖端产生了某种“影响”，传到伸长区。

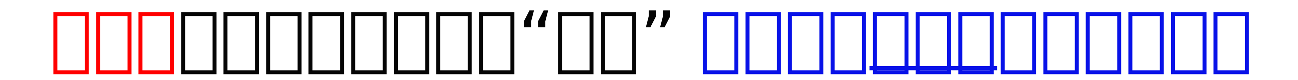
（二）鲍森·詹森的“横插”实验
胚芽鞘尖端和伸长区之间插入琼脂片

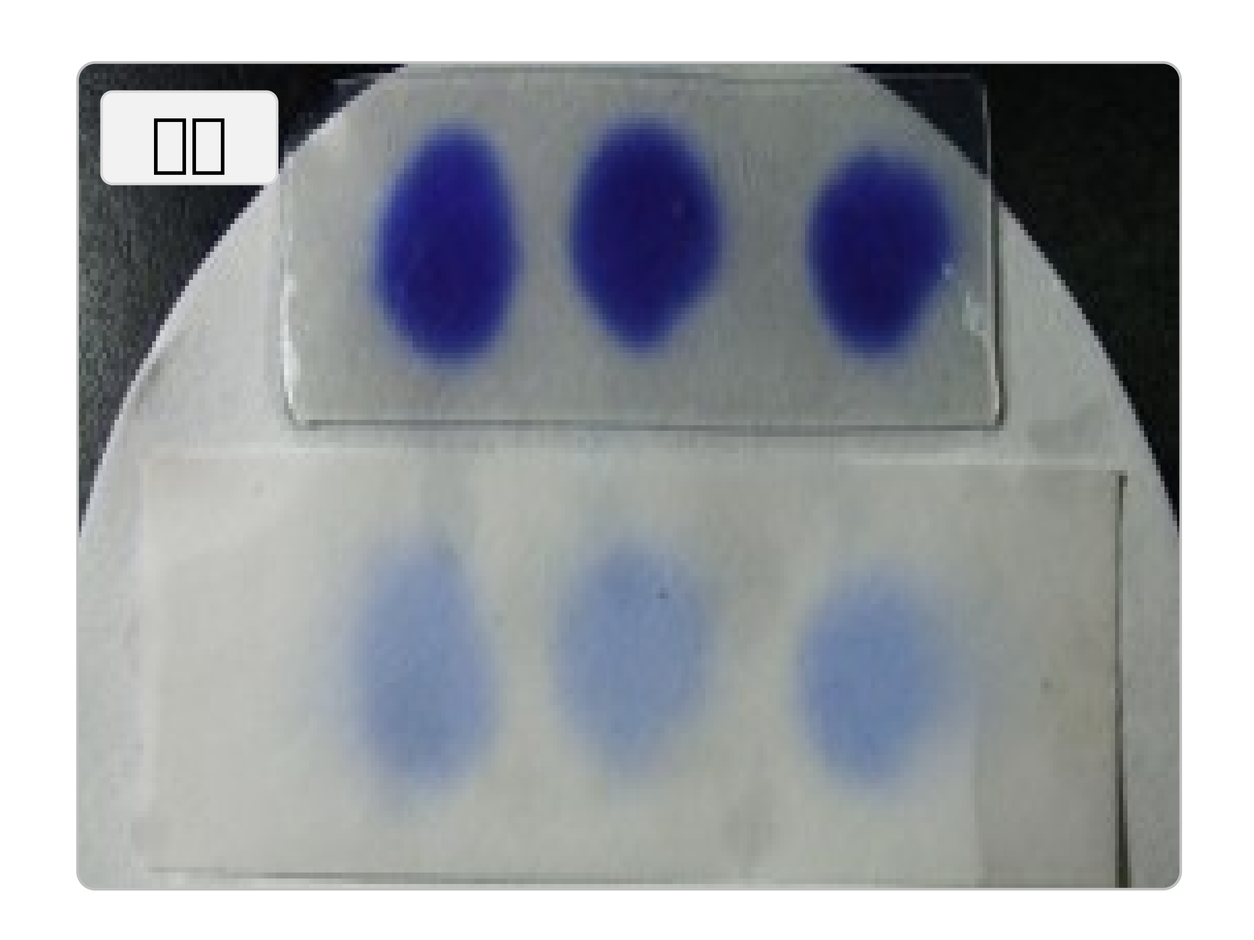
结论：胚芽鞘尖端产生的“影响” 可以透过琼脂片传递给下部。

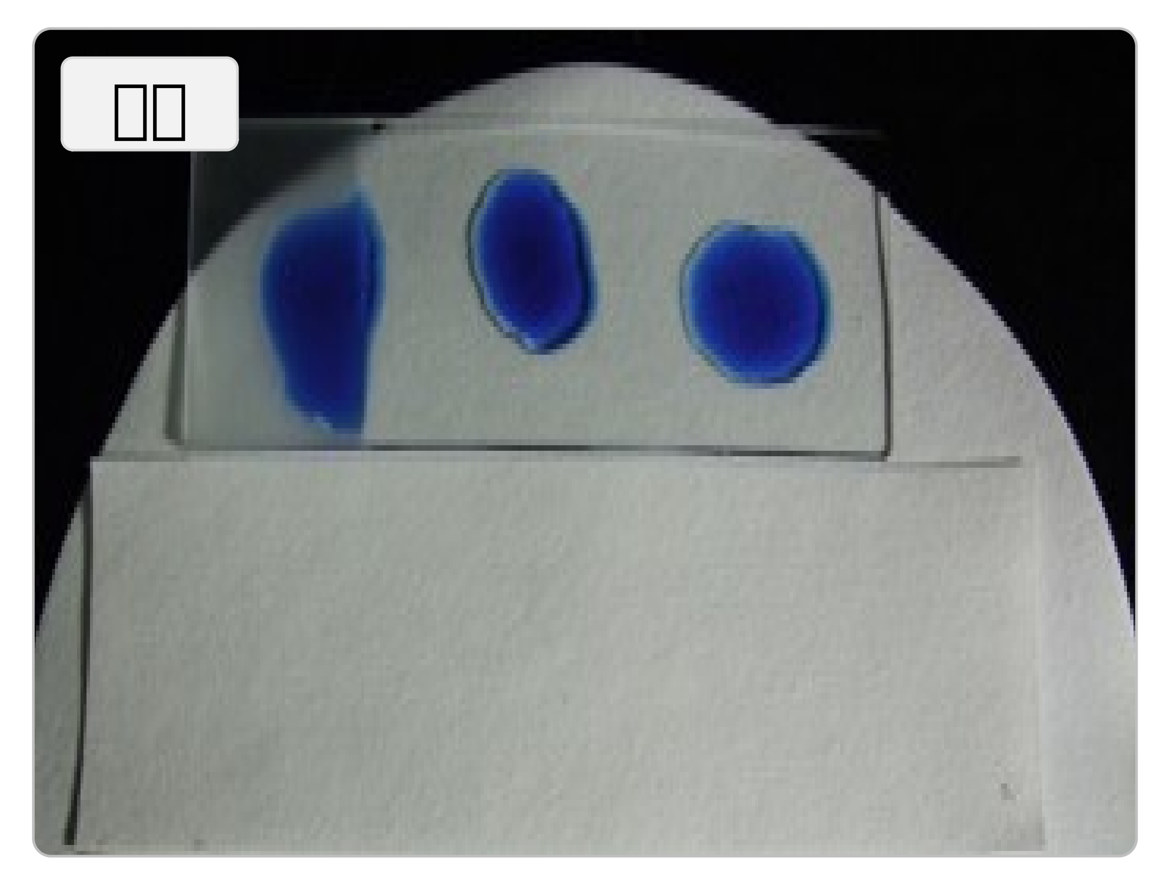
向光弯曲生长

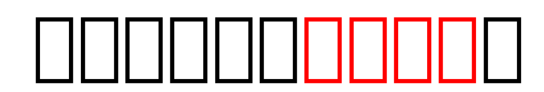




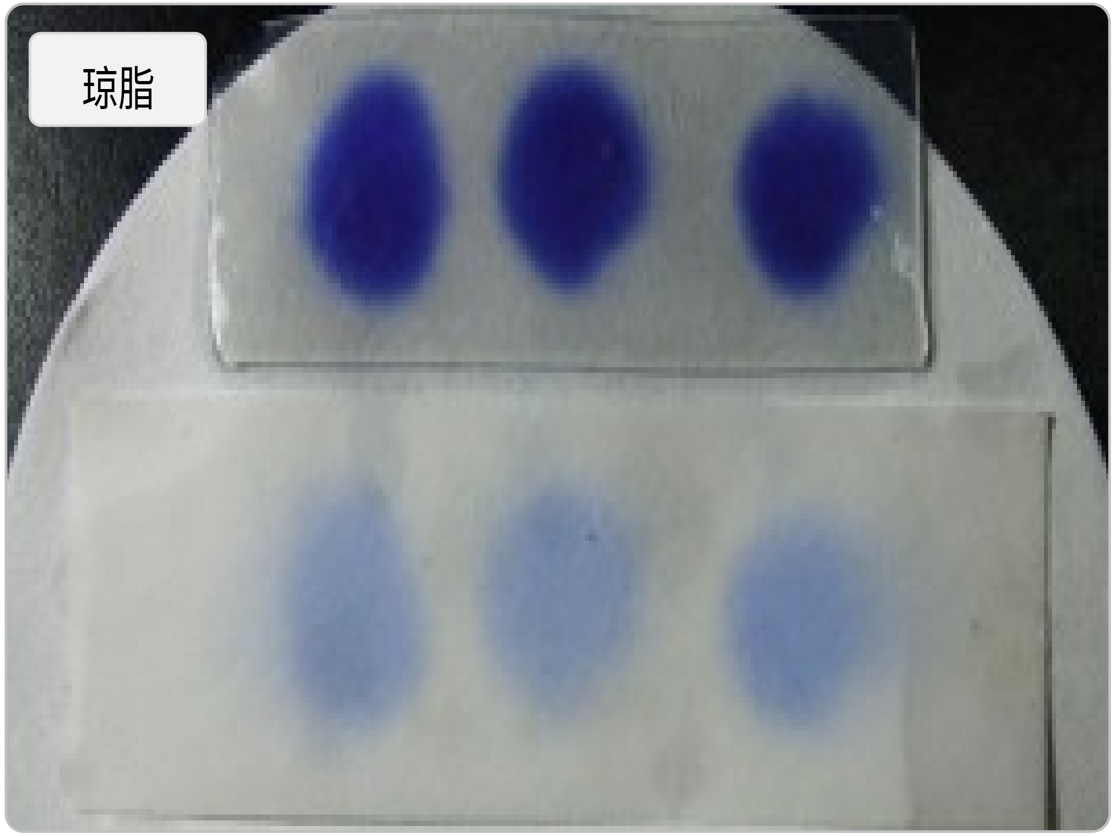




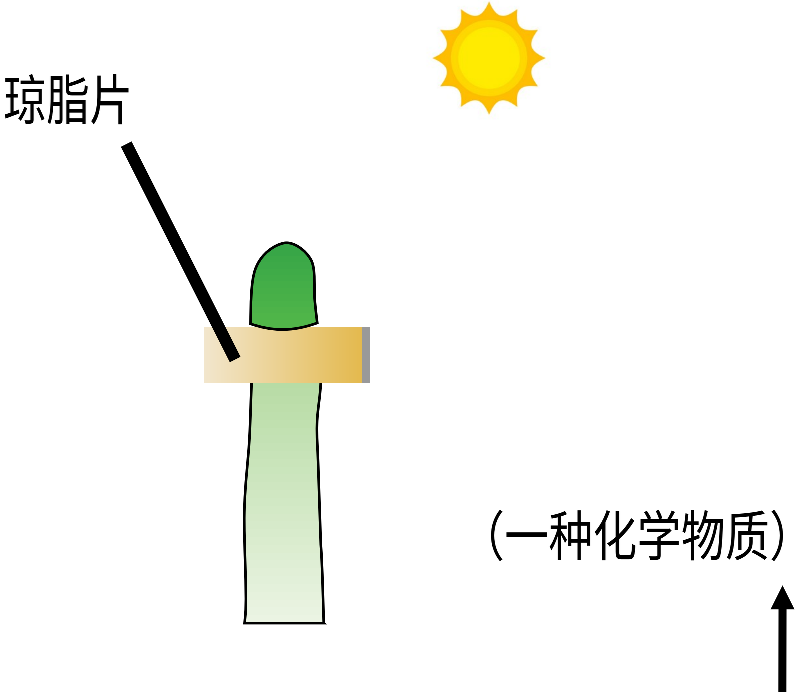




化学物质可以透过琼脂。



（二）鲍森·詹森的“横插”实验



结论：胚芽鞘尖端产生的“影响”可以透过琼脂片传递给下部。

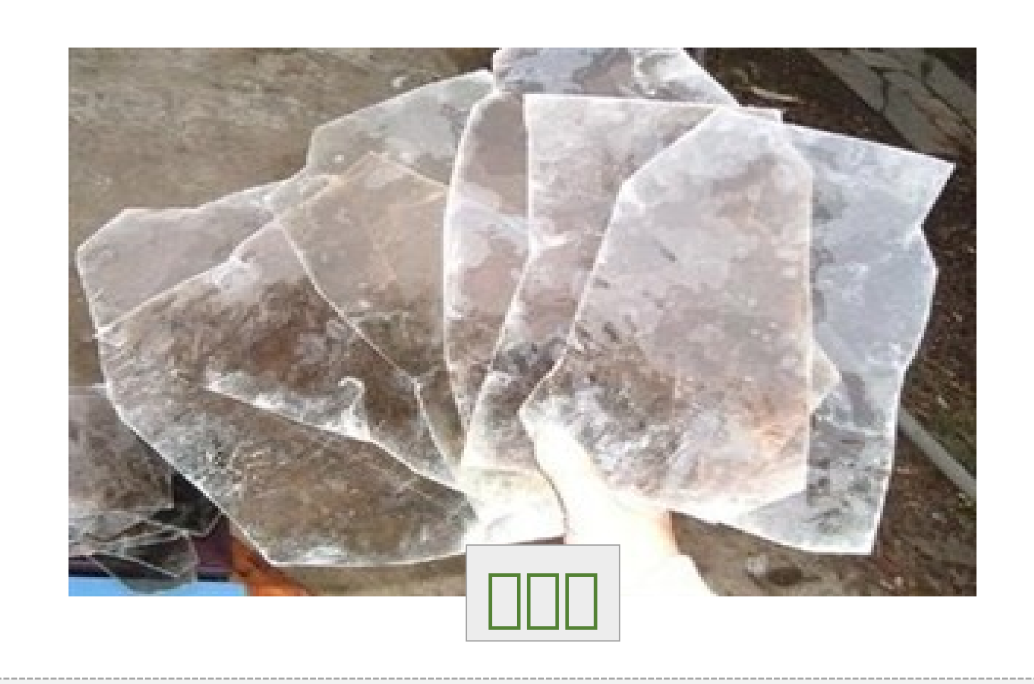
是一种矿物质。因其材料为天然矿制品，具有无污染、绝缘、不透化学物质的特点。

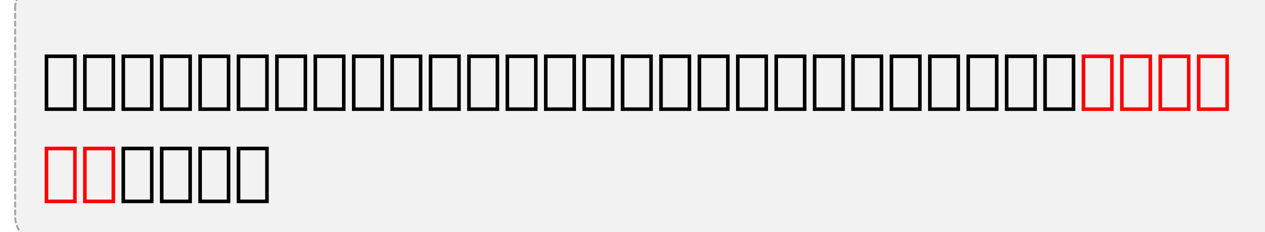
云母片

云母片

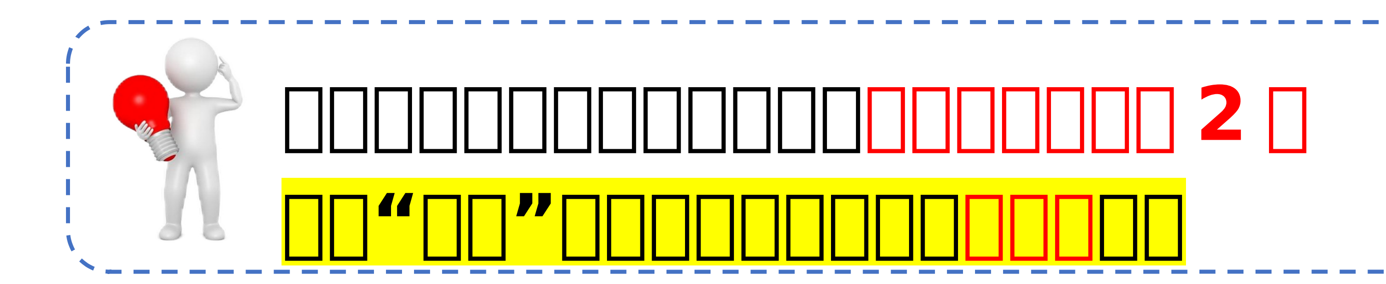
结论：胚芽鞘尖端产生的“影响”无法透过琼脂片传递给下部。

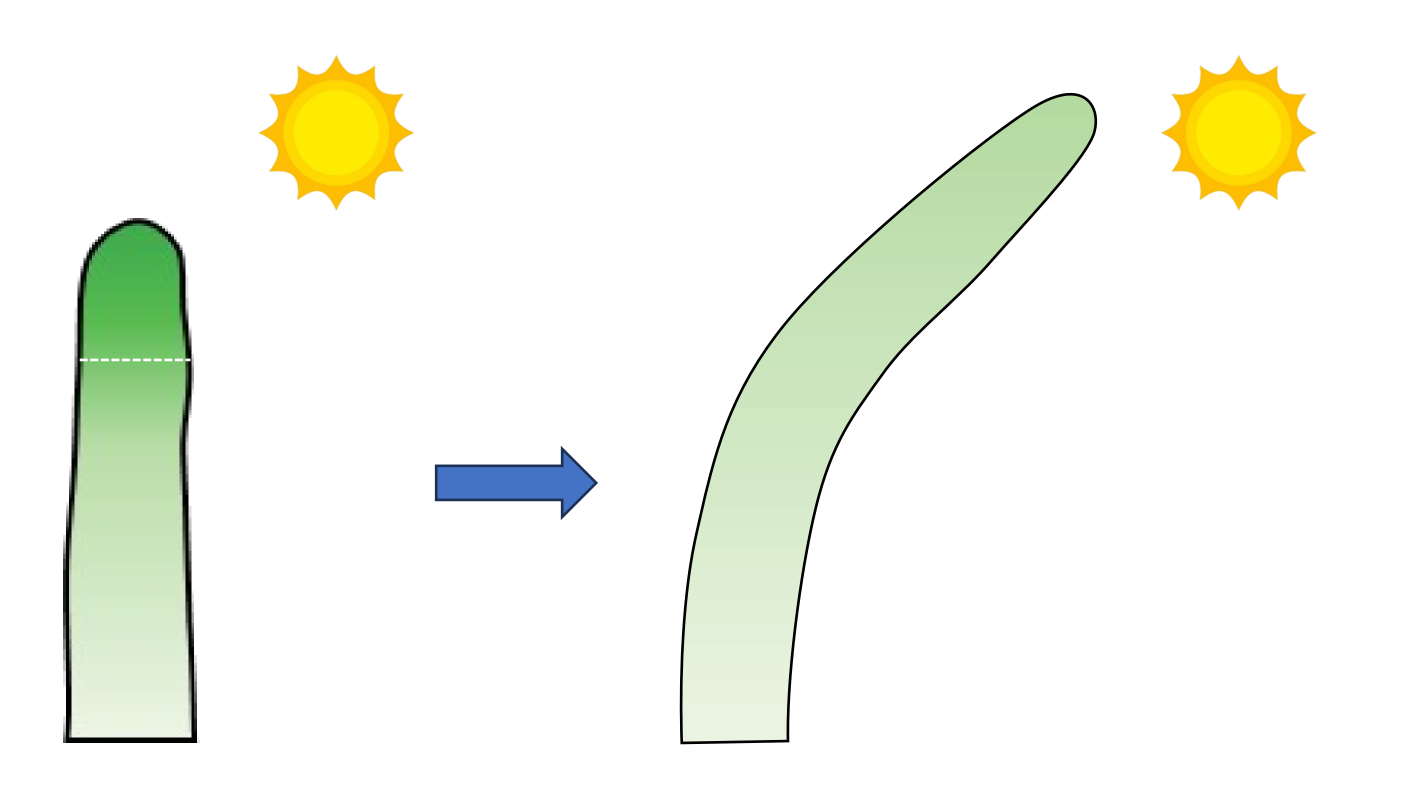
（一种化学物质）





利用以下实验材料，设计实验证实达尔文推测2：这种“影响”在尖端下部的分布是不均匀的。



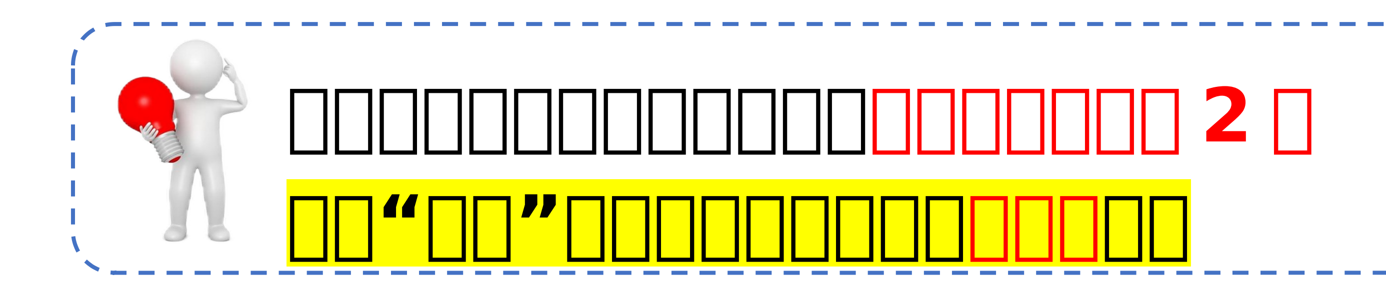


利用以下实验材料，设计实验证实达尔文推测2：这种“影响”在尖端下部的分布是不均匀的。

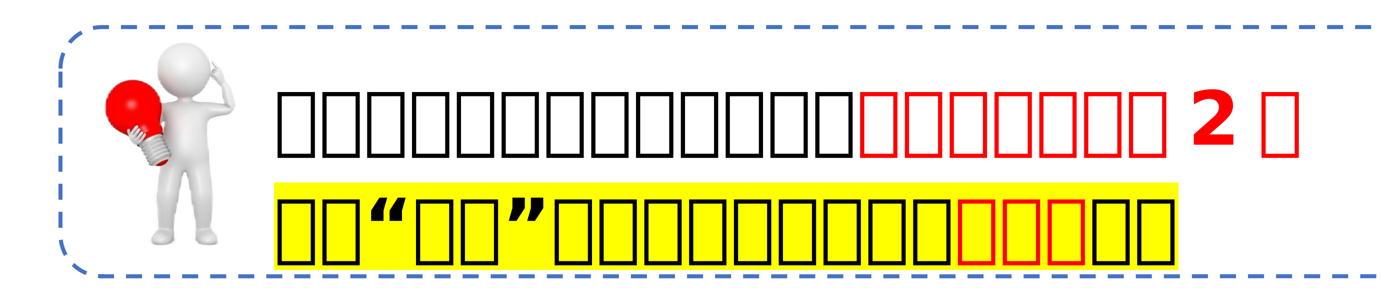
生长状况相同的胚芽鞘
若干

小刀 琼脂块若干 暗箱

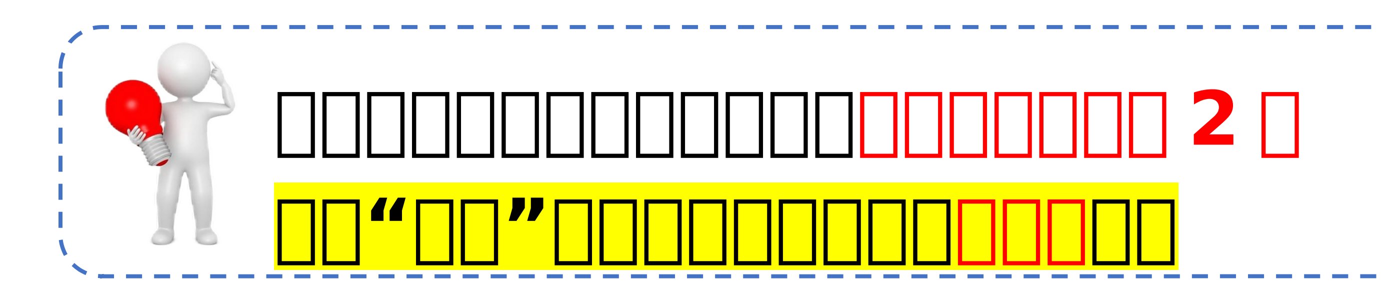
(不再由单侧光引起“影响”分布不均，另外创造分布不均的情况)



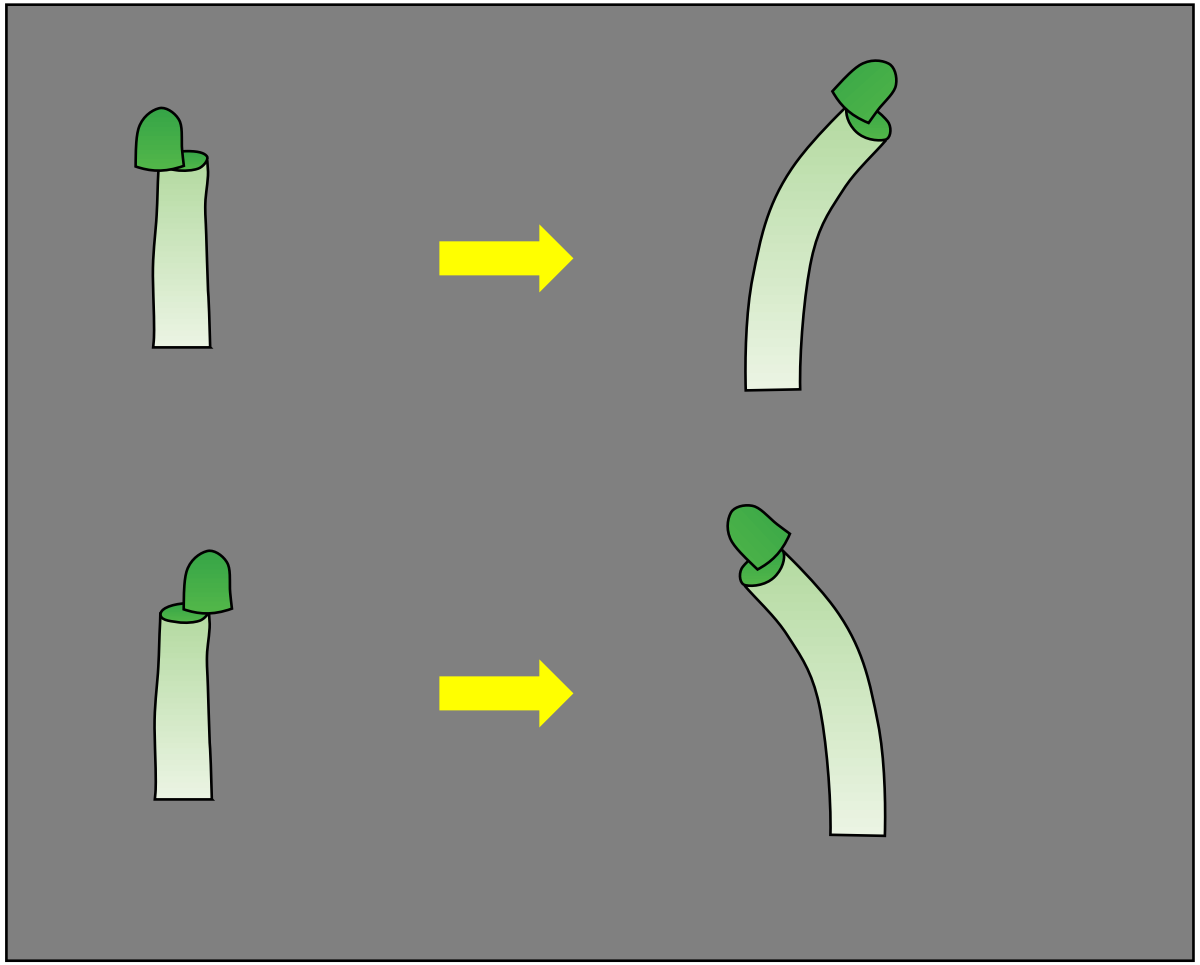
利用以下实验材料，设计实验证实达尔文推测2：这种“影响”在尖端下部的分布是不均匀的。



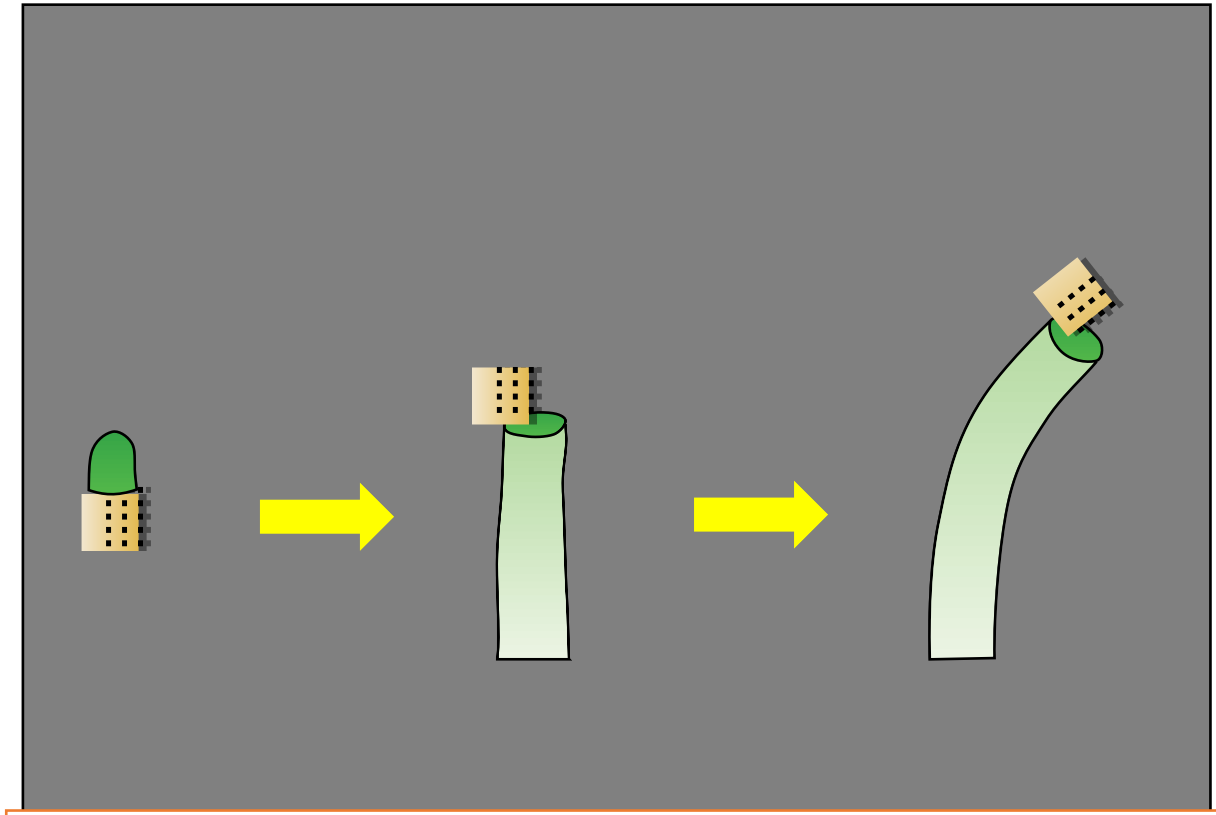
利用以下实验材料，设计实验证实达尔文推测2：这种“影响”在尖端下部的分布是不均匀的。



（三）拜尔的“错位”实验



（四）温特的“载体转移”实验



不仅能证明推测②分布不均，还能证明推测①（尖端产生的影响传向下部）

回顾：

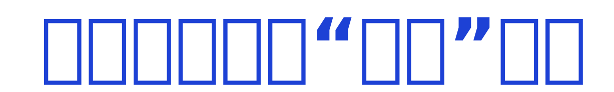
1、植物出现向光性现象的条件是什么？

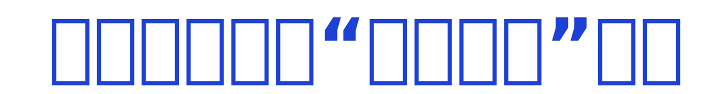
2、达尔文的实验材料是什么？它的结构是怎样的？

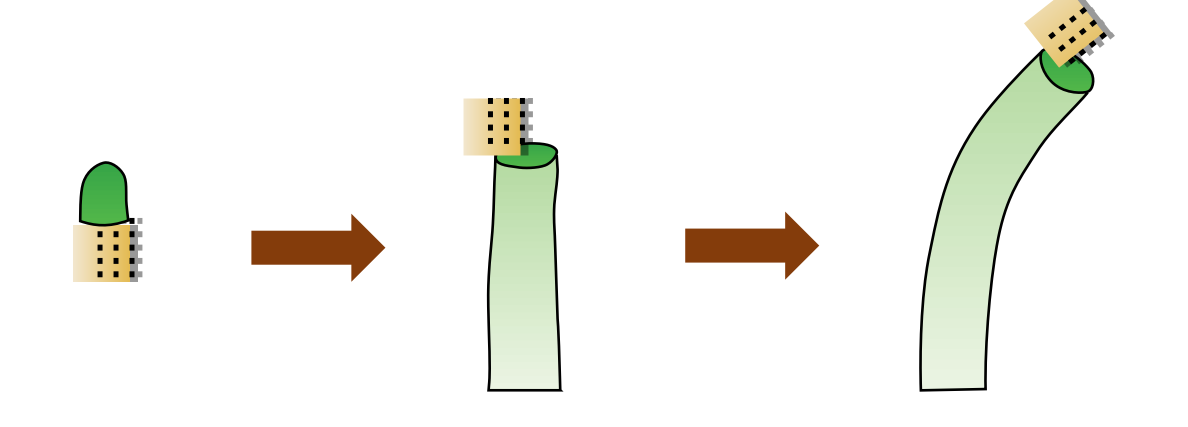
3、达尔文的实验中4个组的处理方法和现象是什么？

4、达尔文得出了怎样的结论？

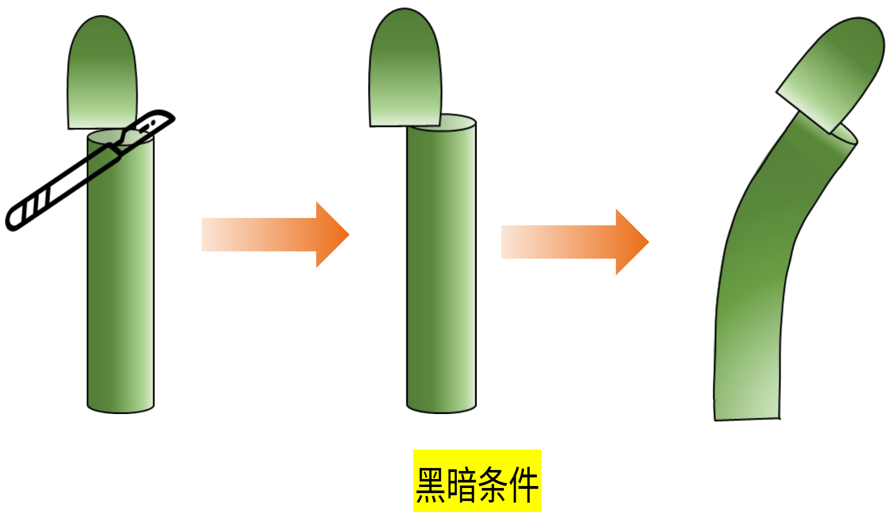
5、詹森的实验结论是什么？
达尔文的推测 1：尖端产生了某种影响，传到下部。达尔文的推测2：弯曲生长的原因是尖端产生的影响在下部分布不均。

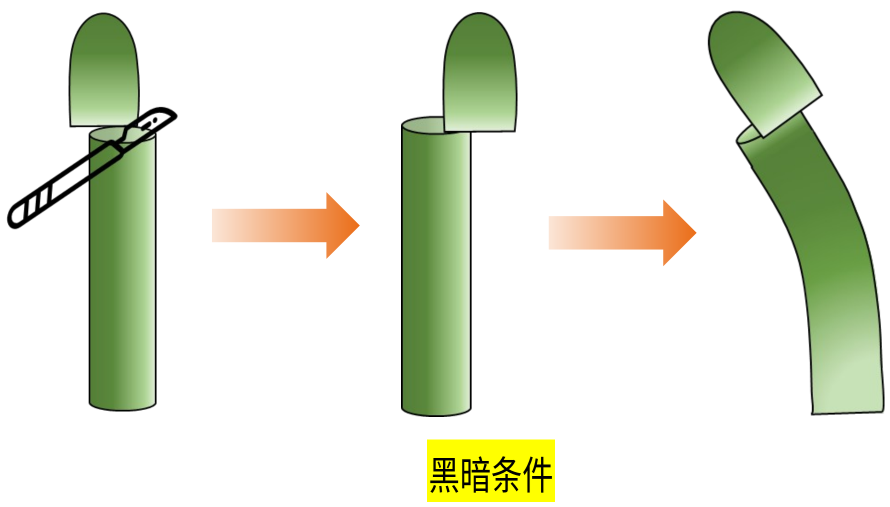






（三）拜尔的“错位”实验





◆ 自变量： 尖端放置的位置。

◆ 因变量： 尖端下部弯曲生长的方向。

◆ 拜尔为什么要选择黑暗的环境？ 排除光的影响，控制变量

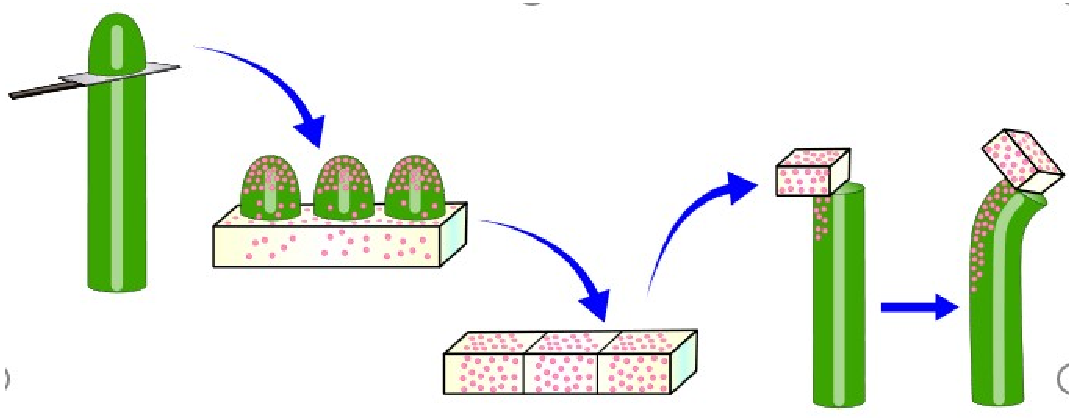
【注意】拜尔首次将实验放置于黑暗中进行，

说明单侧光不是胚芽鞘弯曲生长的根本原因，（外界因素）

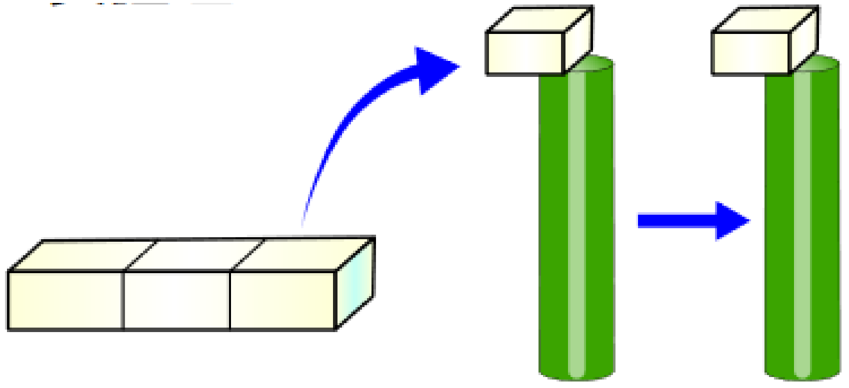
而“影响”的分布不均匀才是根本原因。

（四）温特的“载体转移”实验

排除琼脂片本身的化学物质对胚芽鞘的影响。



实验组



对照组

自变量：　　琼脂块是否接触过尖端

因变量：　　去掉尖端的胚芽鞘是否弯曲生长

实验结论：

① 尖端确实产生了一种化学物质传递到下部；

② 弯曲生长确实是因这种化学物质在尖端下部分布不均、导致的。

温特将这种化学物质命名为生长素。

（四）温特的“载体转移”实验

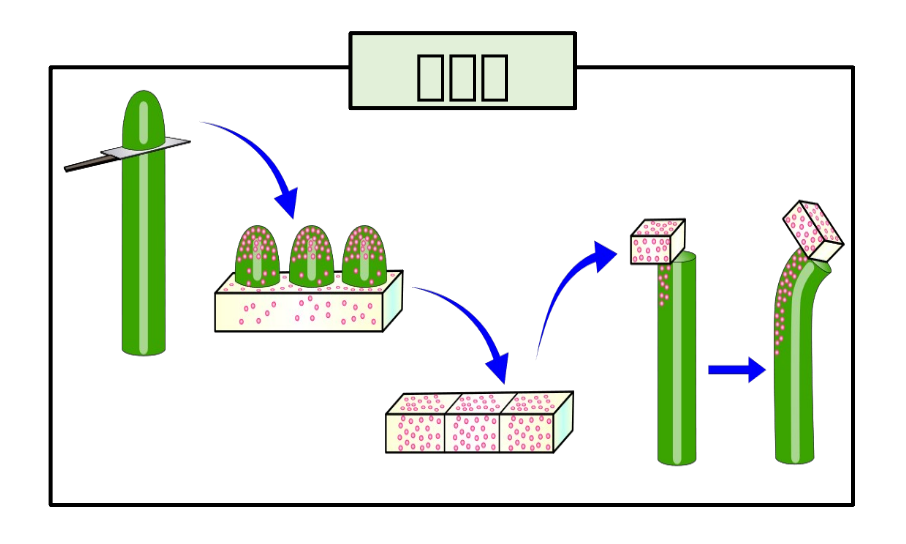
实验组

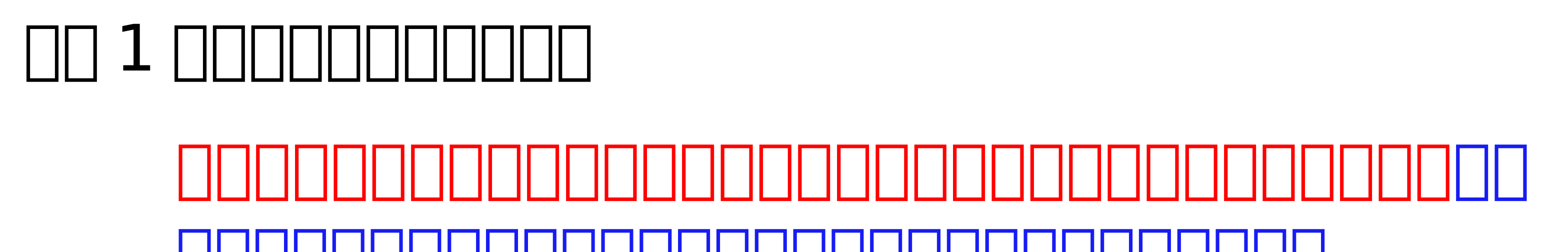
思考 1：温特实验巧妙在哪里？

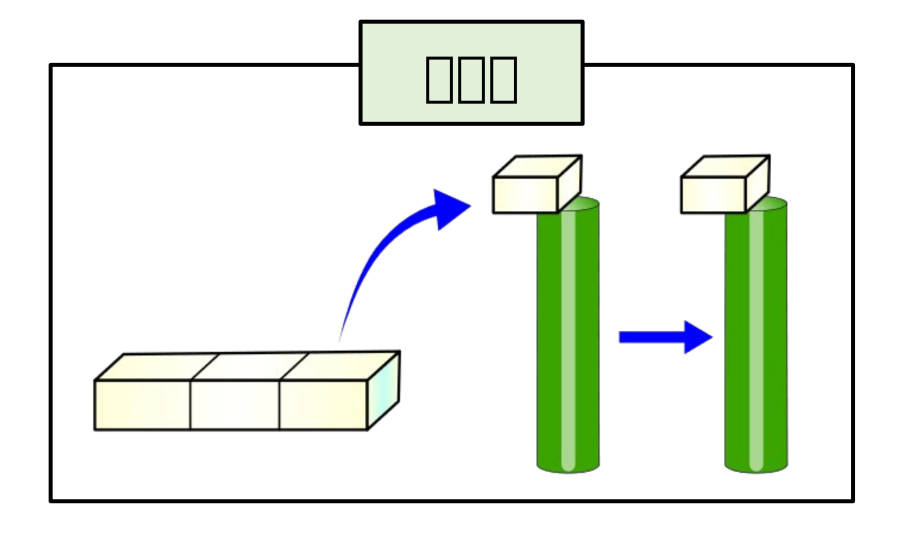
用琼脂块收集该物质，排除了胚芽鞘尖端的影响，直接观察该物质的影响，证明
造成胚芽鞘向光弯曲生长的是尖端产生的某种物质而不是尖端本身。

对照组
思考2：在放置琼脂块前，要将其去掉尖端的胚芽鞘在蒸馏水中侵泡一段时间，原因是 ?

去除尖端的胚芽鞘中含有少量的生长素，以去除生长素，排除内源激素对实验的
干扰。



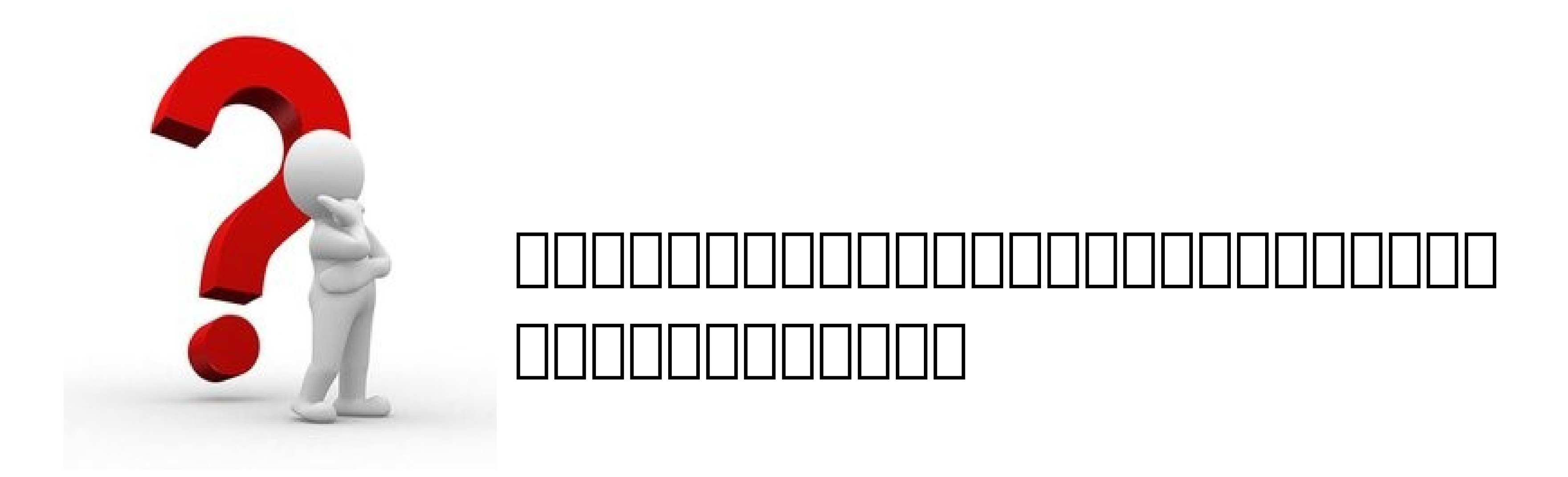


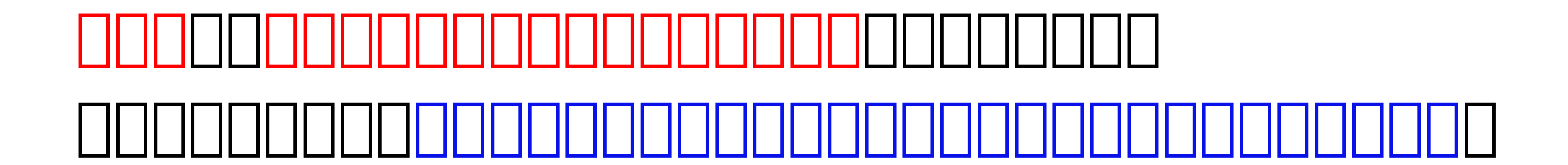


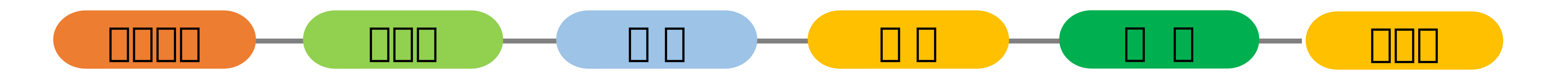
温特提出植物体内存在生长素时，有没有提取出这种物质？
他是怎样作出这一推测的？

没有。他是在对实验结果进行严密分析的基础上作出这样推断的。
要得出这样的结论，既需要以事实为依据进行严密的逻辑推理，还需要一定的想象力。

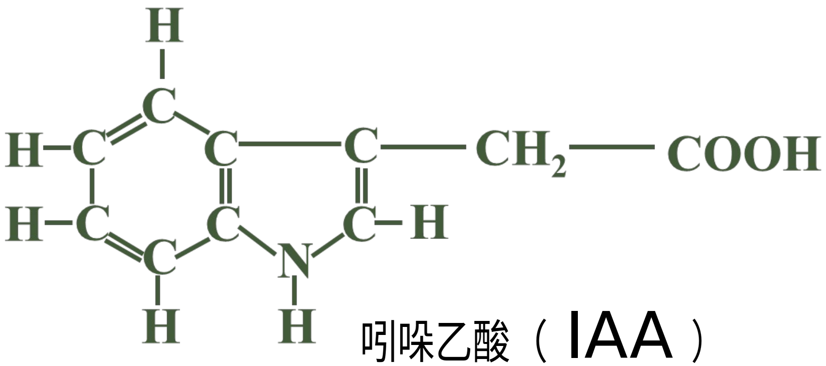
生活现象 达尔文 詹森 拜尔 温 特 生长素







◆ 1931 年，科学家首先从人尿中分离出具有生长素效应的化学物质 ---- 吲哚乙酸（**IAA**）



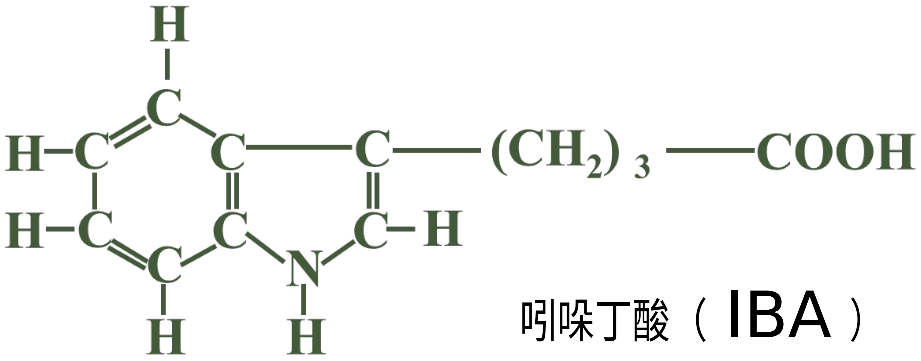
吲哚乙酸（IAA）

并非人体产生，而是来源于植物

◆ 1946 年，人们从高等植物中分离出生长素，并确认它就是吲哚乙酸（IAA）。

◆ 进一步研究发现，植物体内具有生长素效应的物质除 IAA 外还有苯乙酸（**PAA**）、吲哚丁酸 **(IBA)** 等，它们都属于生长素。

不是一种激素，而是一类激素



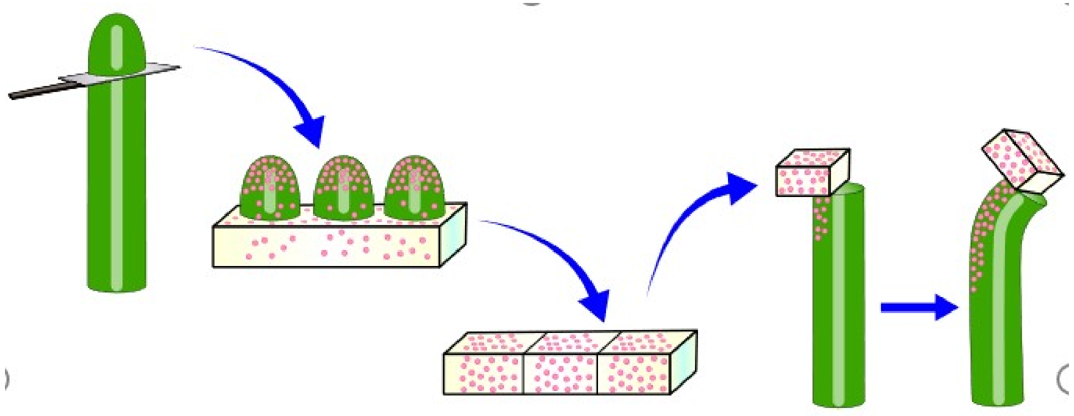
吲哚丁酸（IBA）

- 在发现生长素之后，人们又陆续发现了赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯等物质。
- 人们把这类由植物体内产生，能从产生部位运送到作用部位。对植物的生长发育有显著影响的微量有机物，叫做植物激素。
- 植物激素作为信息分子，几乎参与调节植物生长、发育过程中的所有生命活动。

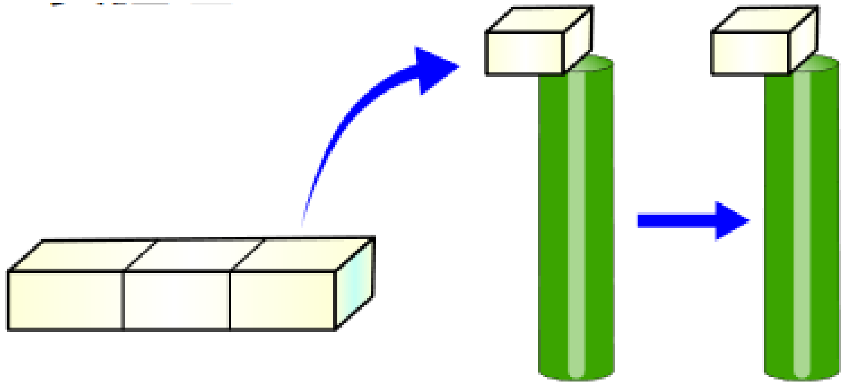
比较（教材 **P93** 思考 · 讨论）

	动物激素	植物激素
分泌器官	有特定内分泌腺或细胞	无特定分泌器官
化学本质	蛋白质，氨基酸衍生物、固醇等	一般是小分子有机物
作用部位	靶器官、靶细胞	无特定靶器官
运输方式	随体液运输	多样、复杂
相同点	① 由自身产生； ② 从产生部位运输到作用部位； ③ 起调节作用； ④ 微量高效	

（四）1926 年荷兰科学家温特的实验



实验组



对照组

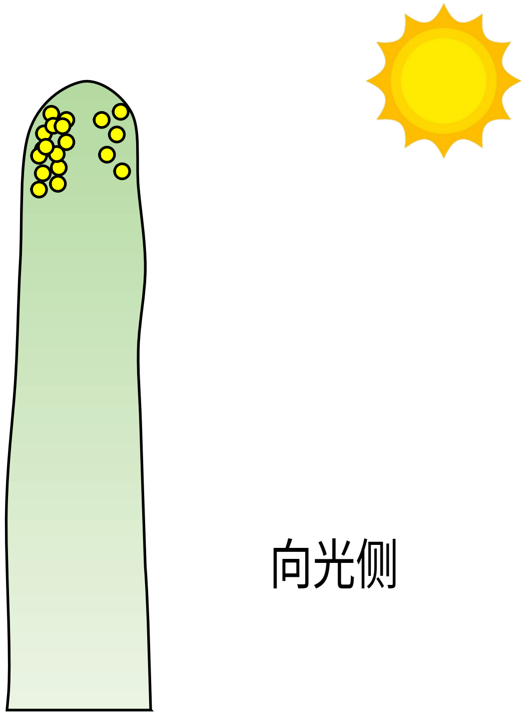
实验结论：

① 尖端确实产生了一种化学物质□□□□□□

② 弯曲生长确实是因这种化学物质在尖端下部分布不均导致的。

为何分布不均?

背光侧



向光侧

为何背光侧生长素浓度多于向光侧?

假设一：单侧光使生长素从向光侧横向运输至背光侧

假设二：单侧光使向光侧生长素分解

如何确定是哪种假设?

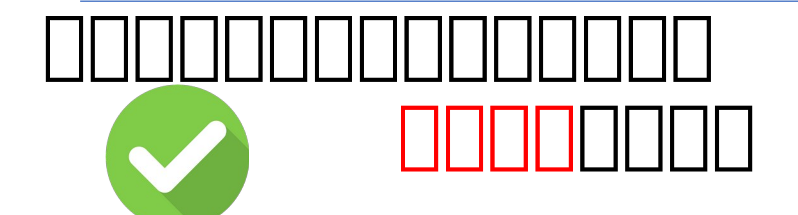
实验结论：

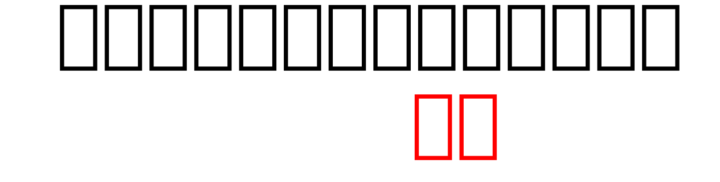
① 尖端确实产生了一种化学物质□□□□□□

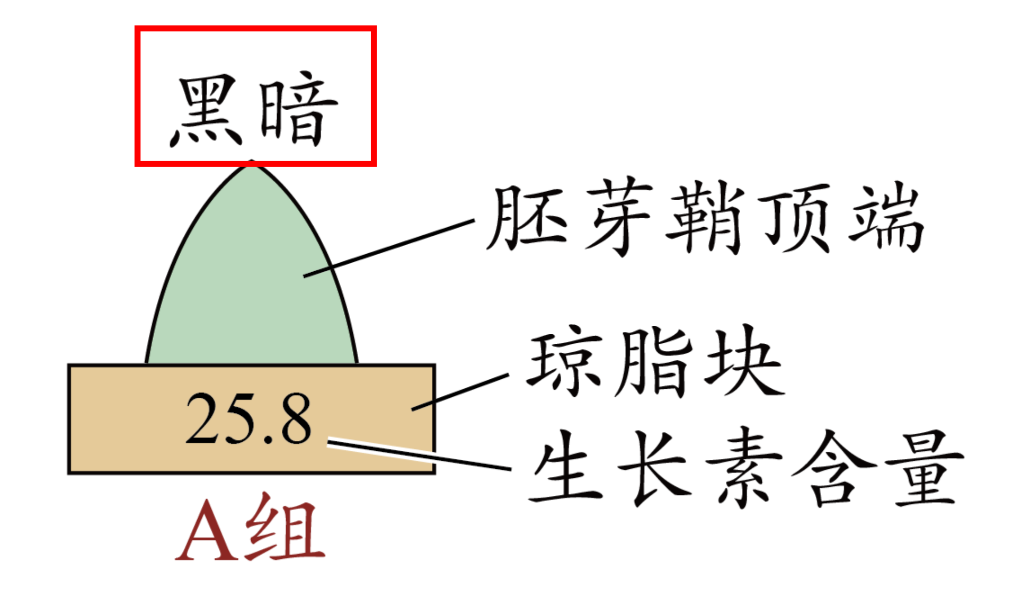
② 弯曲生长确实是因这种化学物质在尖端下部分布不均导致的。

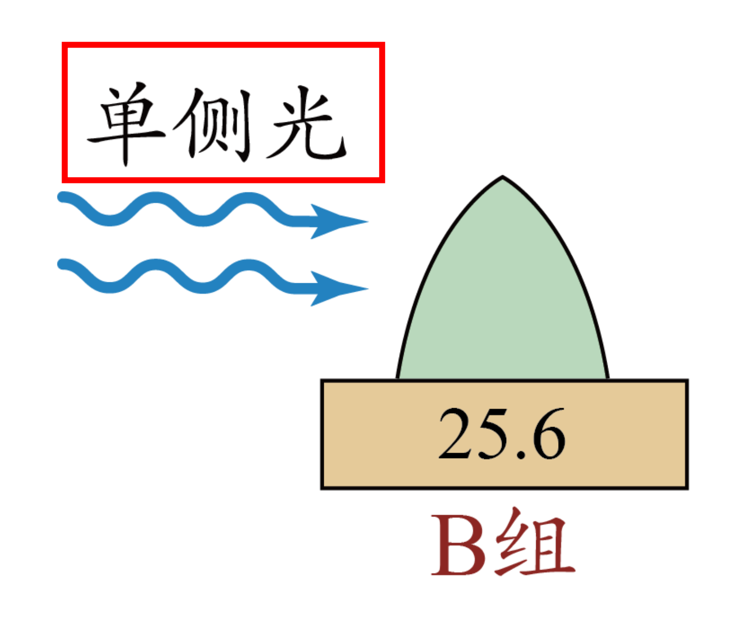
为何分布不均?

重慶市第八中學校
Chongqing No.8 Secondary School



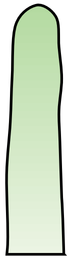



黑暗
胚芽鞘顶端
琼脂块
25.8
生长素含量
A组


单侧光
25.6
B组

利用以下实验材料，设计实验验证：

单侧光使生长素从向光侧横向运输至背光侧。



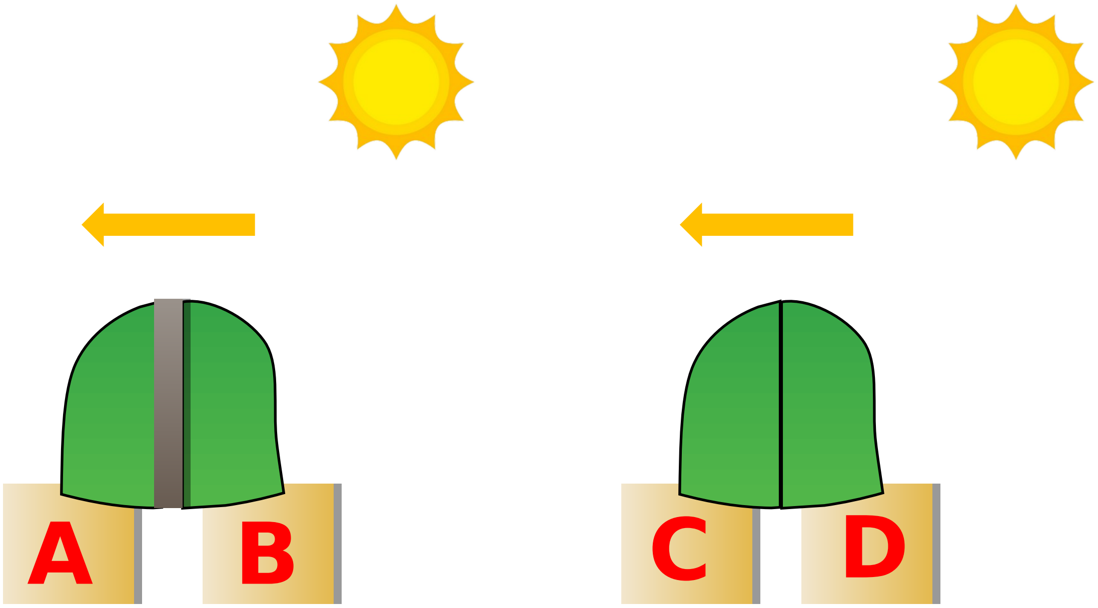
生长状况相同的胚芽鞘若干

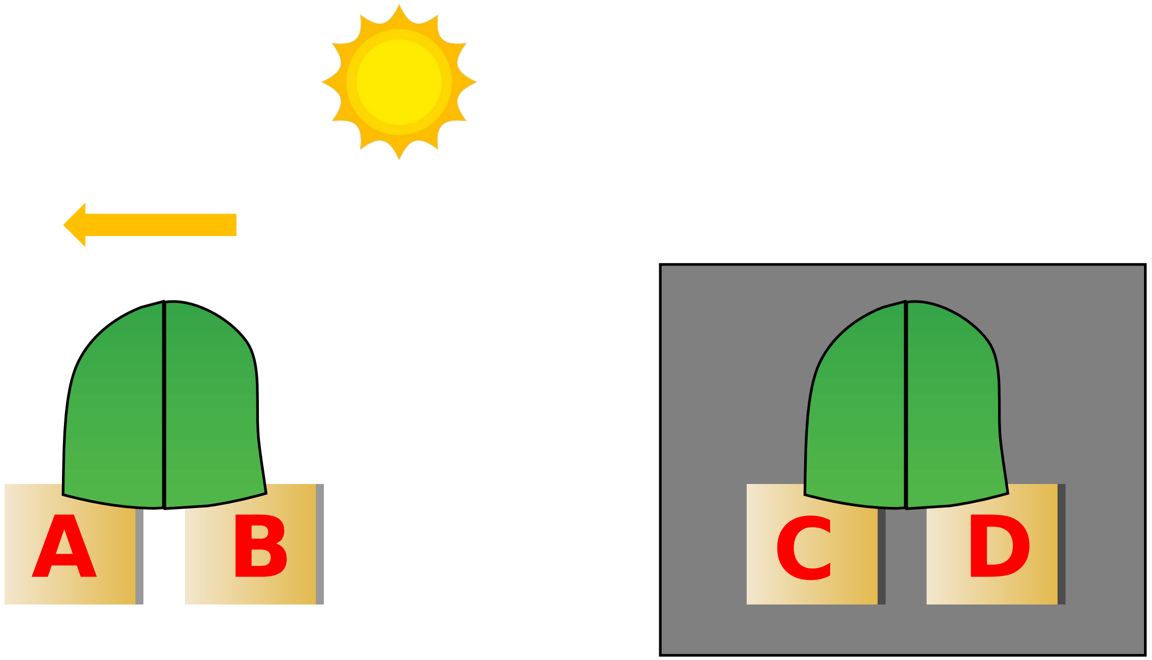
小刀

琼脂块若干

云母片

单侧光源





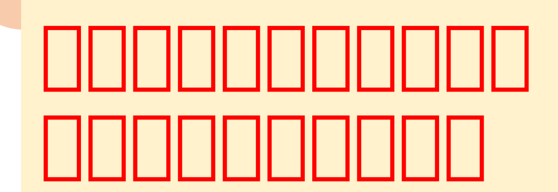
预期琼脂块中的生长素含量：

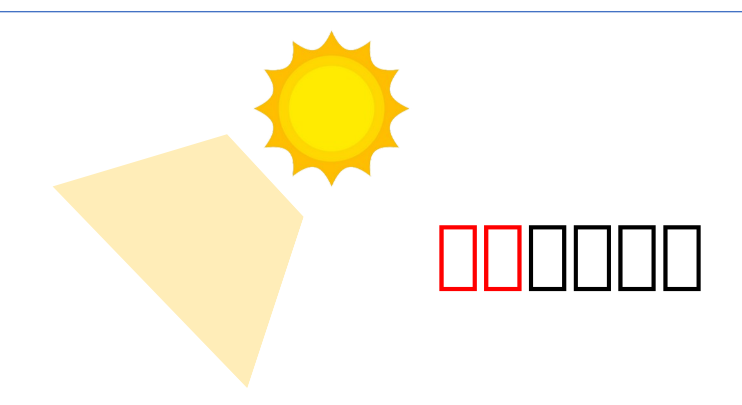
C ＞ A ＝ B ＞ D

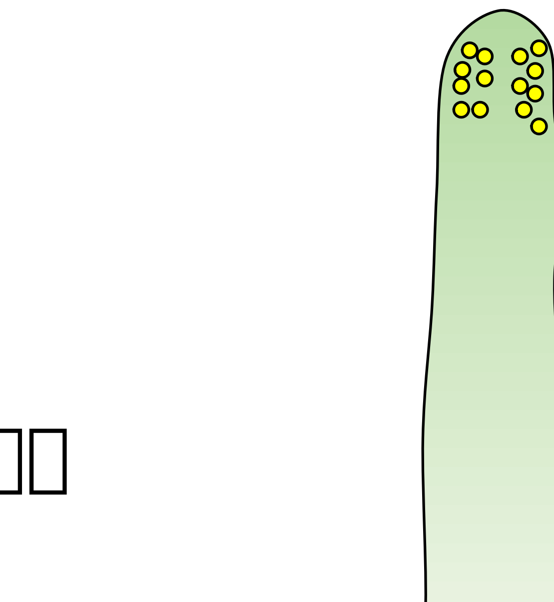
预期琼脂块中的生长素含量：

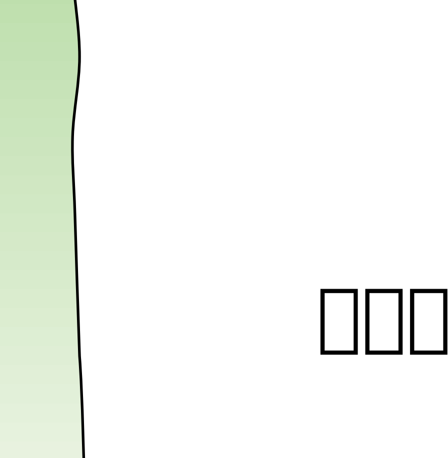
A ＞ C ＝ D ＞ B

重慶市第八中學校
Chongqing No.8 Secondary School





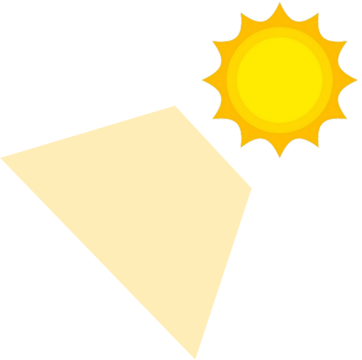




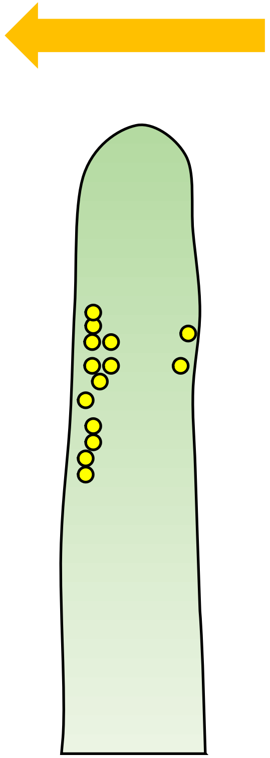
背光侧的生长速度 ____快于向光侧____

生长素影响的是伸长区的生长。

不影响尖端。



外因：单侧光



生长素含量 ___高___

背光侧

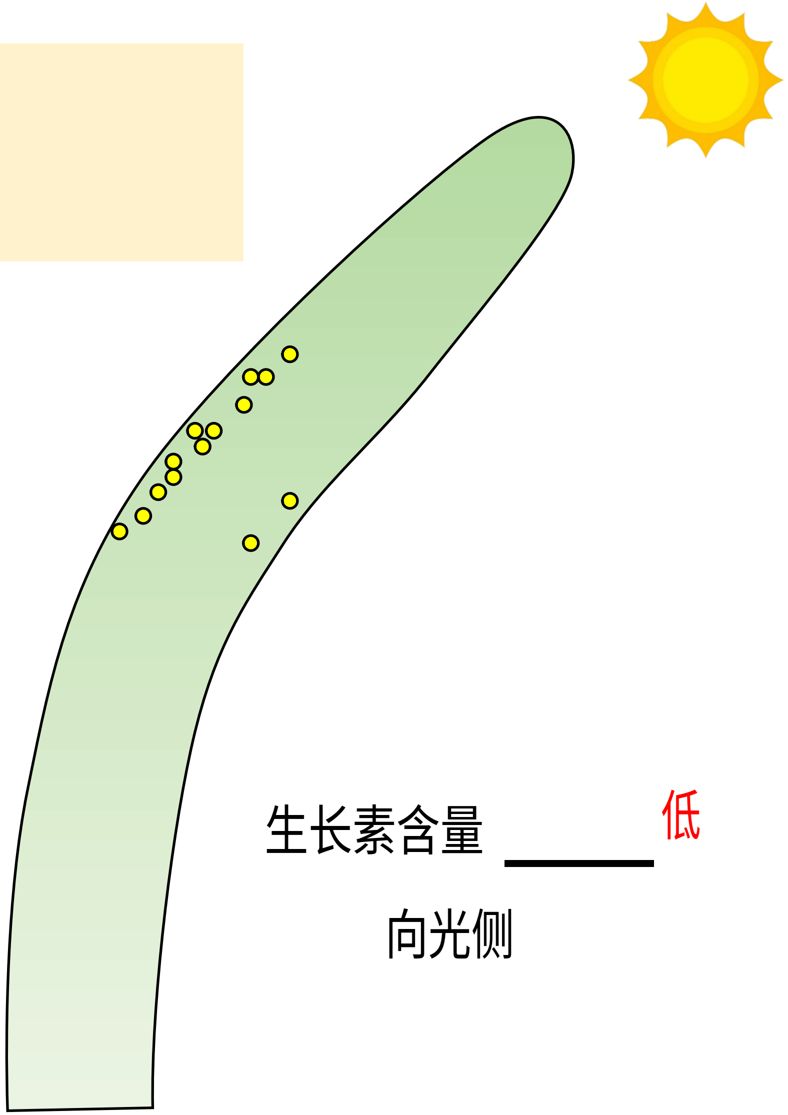
生长素含量 ___低___

向光侧

背光侧的生长速度 ______ 快于向光侧

生长素影响的是伸长区的生长。

不影响尖端。



外因：单侧光

生长素含量 ______ 高

背光侧

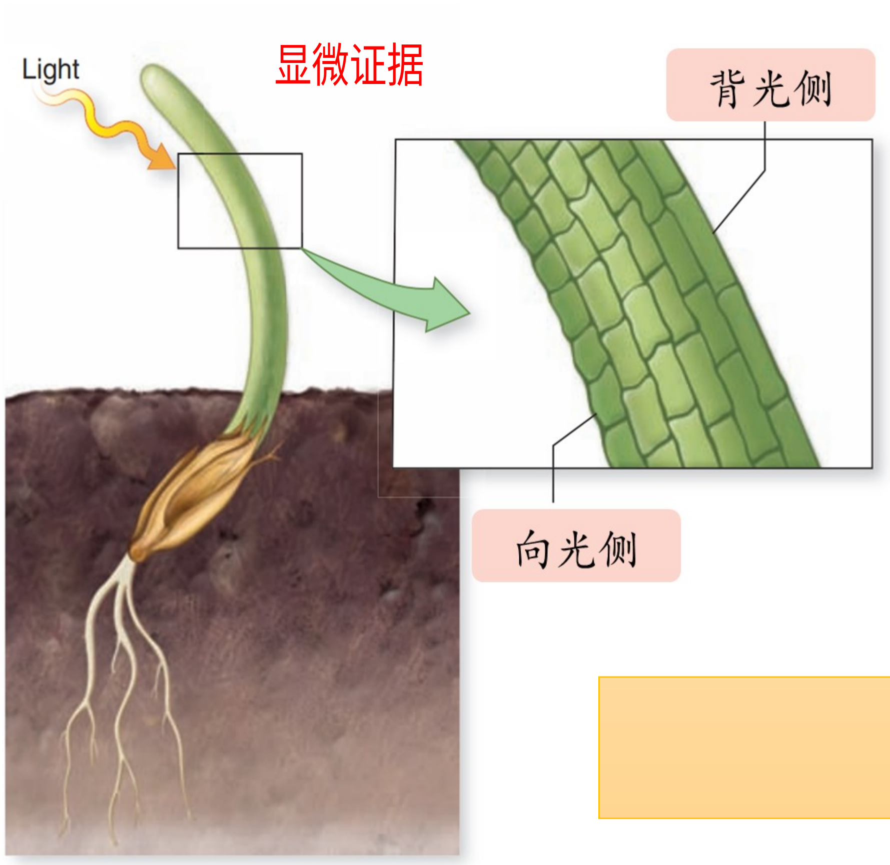
生长素含量 ______ 低

向光侧

植物向光性的原因

外因：　单侧光照射

内因：　生长素分布不均匀（背光侧多，向光侧少）

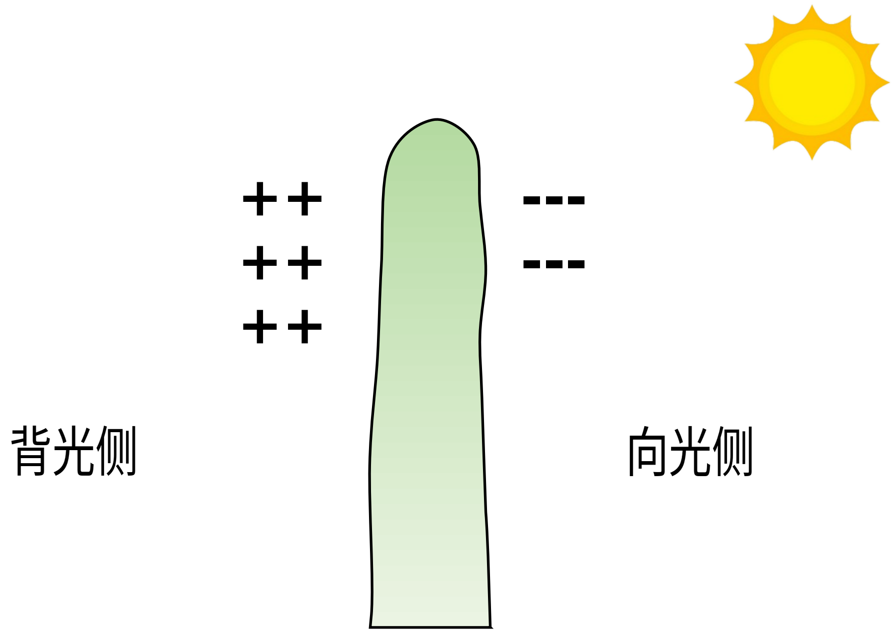


生长素：促进细胞伸长生长（不是促进细胞分裂）

横向运输的原因：

生长素是弱酸性的物质，在细胞中常以阴离子的形式存在（ **IAA^-** ）。

- 单侧光照会引起器官尖端不同部位产生电势差，向光一侧带负电，背光一侧带正电。
- 因此，阴离子形式的生长素会向带正电荷的背光测移动。



例题 1 下列有关植物生长素发现过程的叙述,正确的是(D)

A. 达尔文通过实验证明胚芽鞘尖端产生的生长素因单侧光照射而分布不均

B. 鲍森·詹森通过实验证明了胚芽鞘尖端透过琼脂片传递给下部的物质是生长素

C. 拜尔在黑暗中进行实验是为了排除光合作用对实验结果造成的干扰

D. 温特实验证明了胚芽鞘的弯曲生长由化学物质引起,并把这种物质命名为生长素

1. 生长素主要分布在植物体生长旺盛的部位。通过实验,科学家确认它的化学本质是( )

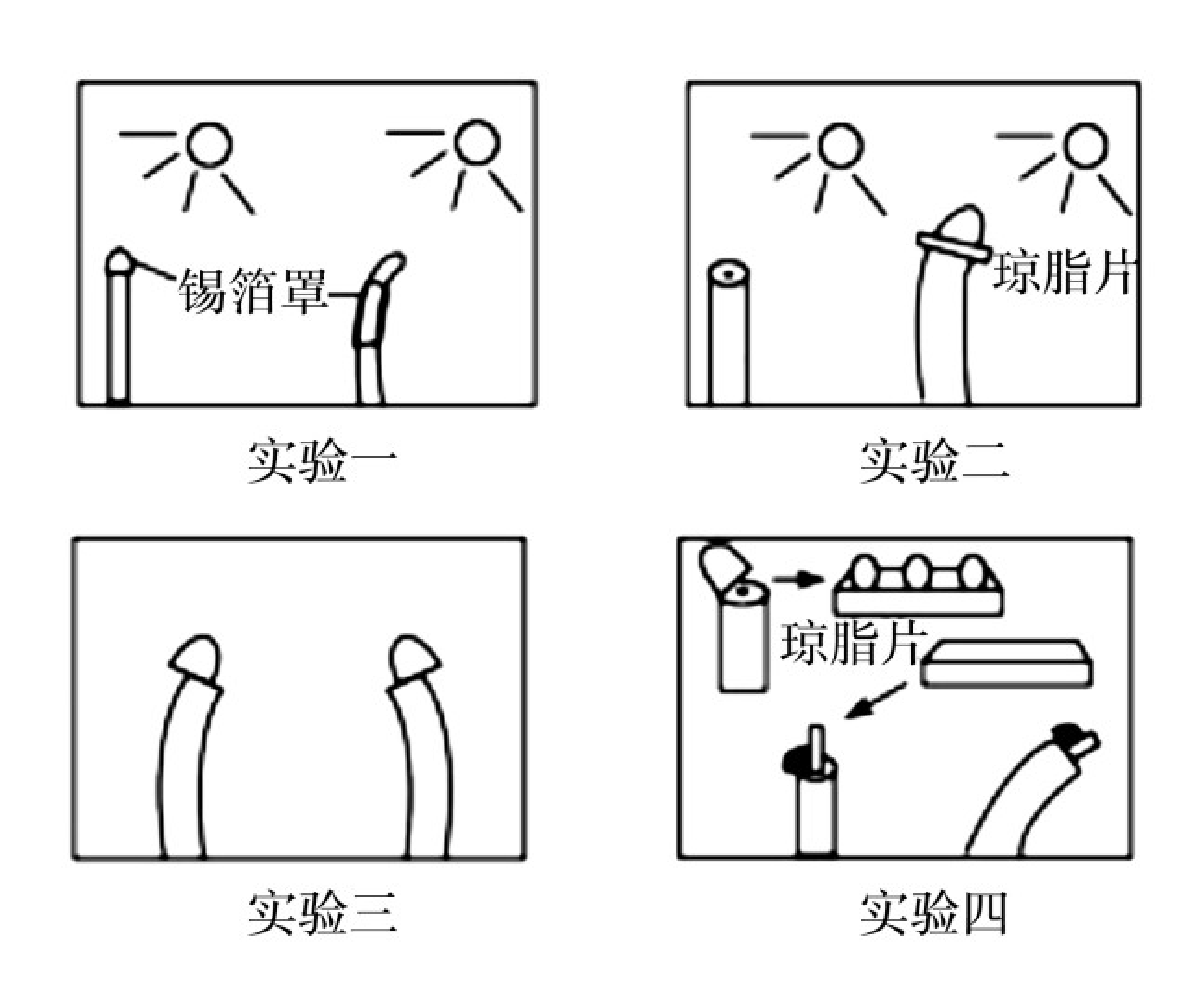
A. 多肽

B. 丙酮酸

C. 色氨酸

D. 吲哚乙酸

4. 如图是生长素发现过程中的实验示意图，下列相关说法正确的是(D)



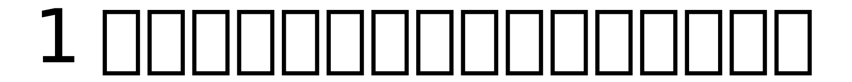
A. 实验一证明生长素的产生依赖光照

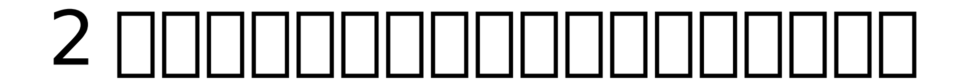
B. 实验二证明顶端产生的生长素能向下运输

C. 实验三证明胚芽鞘弯曲生长的原因是尖端产生的“影响”分布不均

D. 实验四证明造成胚芽鞘弯曲生长的“影响”是生长素

1、判断：无光时，生长素无法合成。 2、胚芽鞘发生向光性弯曲的外因和内因。





三、生长素的合成、运输与分布

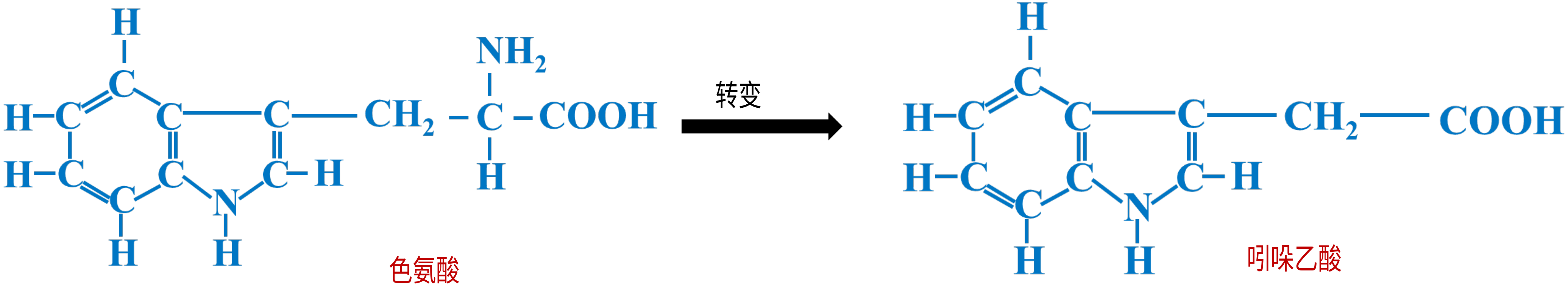
注意：植物没有专门的内分泌腺器官。

1. 生长素的合成

(1) 合成部位：主要在 ____芽、幼嫩的叶、发育中的种子____ 等部位。

(2) 合成原料：____色氨酸____ 。

注意：生长素的合成不需要光，有无光均产生。



色氨酸

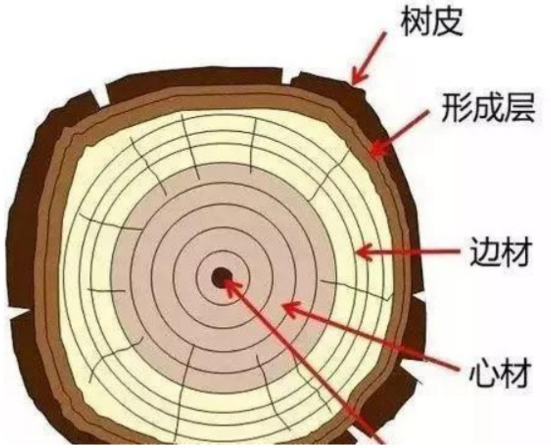
吲哚乙酸

三、生长素的合成、运输与分布

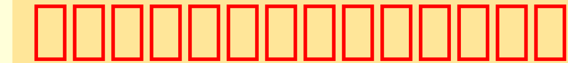
2. 生长素的分布

生长素在植物各器官中都有分布，但相对集中分布在生长旺盛的部位如：

胚芽鞘、芽和根尖的分生组织、形成层、发育中的种子和果实等处。



木本植物茎的结构：

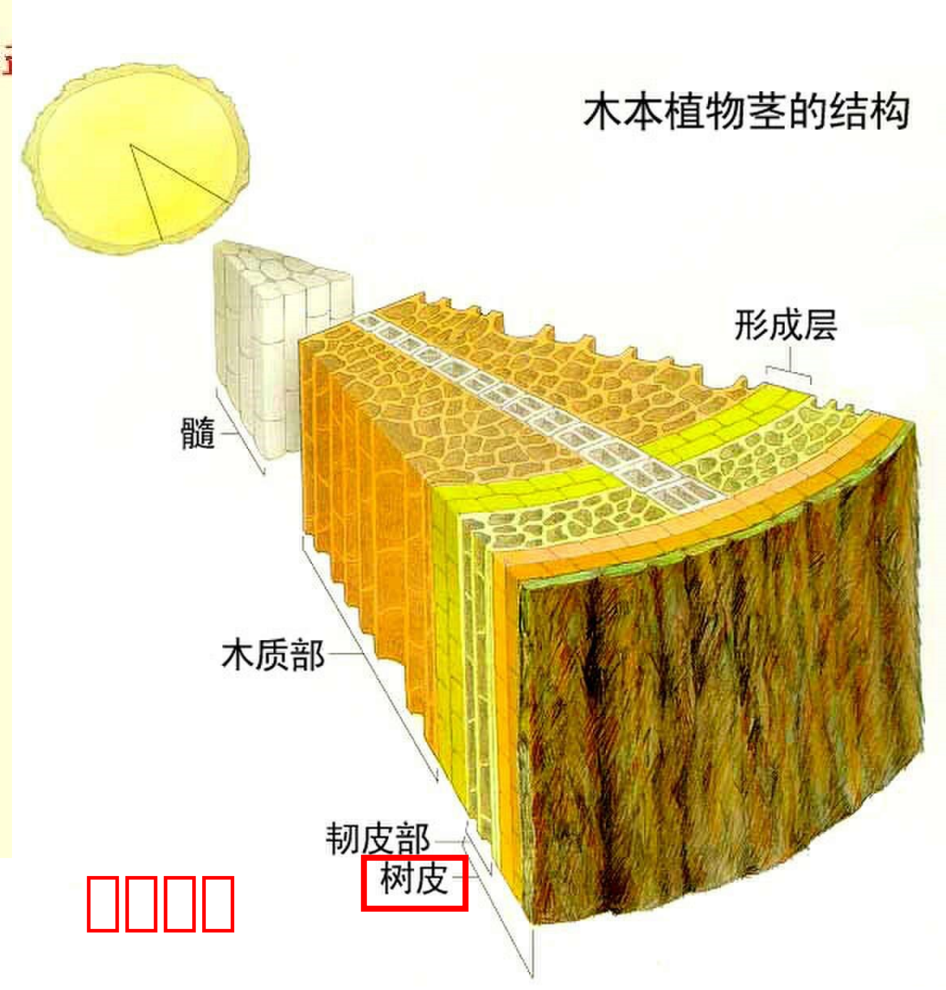


1 周皮（保护）

4 木质部（具有支持作用
有导管，输导水分和无机

3 形成层（具有分裂能力，
使茎加粗）

2 韧皮部（有筛管，输导
有机物）

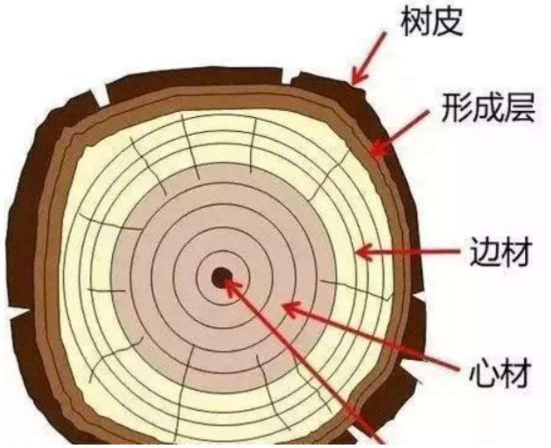


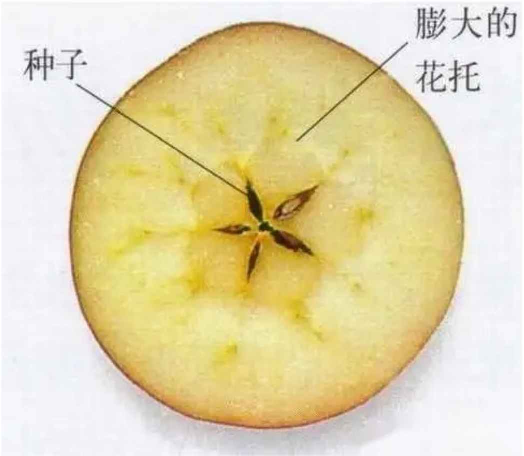
三、生长素的合成、运输与分布

2. 生长素的分布

生长素在植物各器官中都有分布，但相对集中分布在生长旺盛的部位如：

胚芽鞘、芽和根尖的分生组织、形成层、发育中的种子和果实等处。





思考：生长素主要合成部位在芽、幼嫩的叶、发育中的种子，如何运输到分布部位（植物各器官）中？

3. 生长素的运输

指植物的生长方向的一端

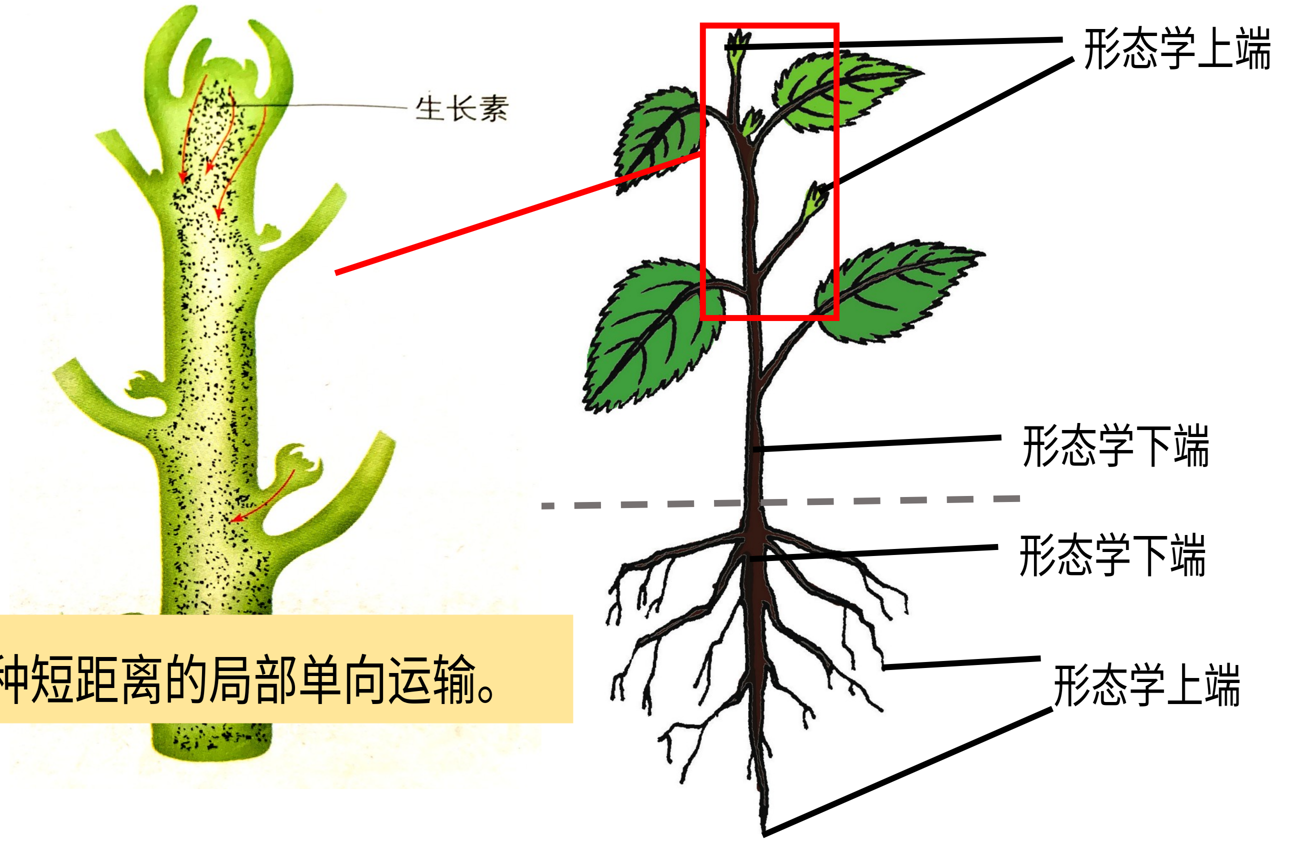
(1) 极性运输：　在＿胚芽鞘、芽、幼叶和幼根＿中，生长素只能从＿形态学上端＿运输到＿形态学下端＿，只能单方向地运输。

运输方向：　（单向）

形态学上端→形态学下端

运输方式：　主动运输

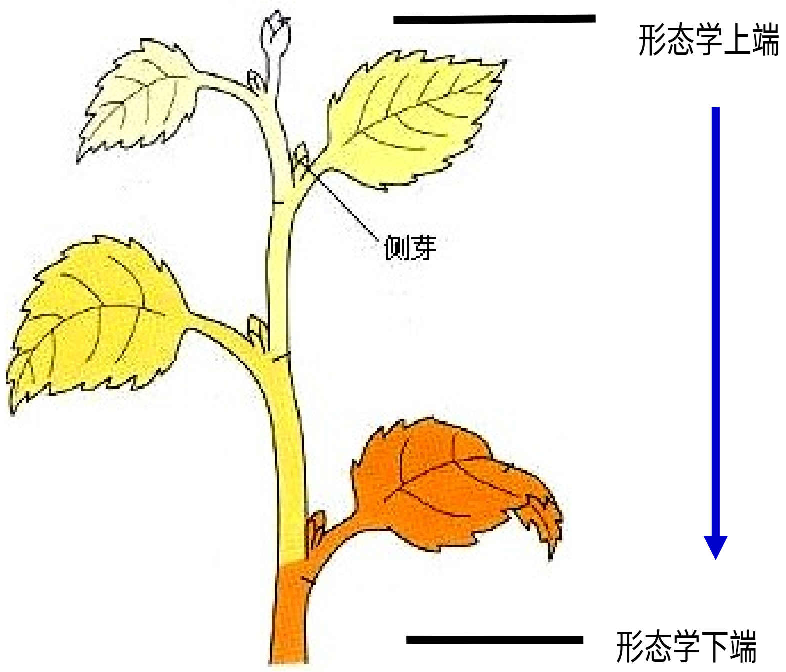
（需能量、需载体蛋白）



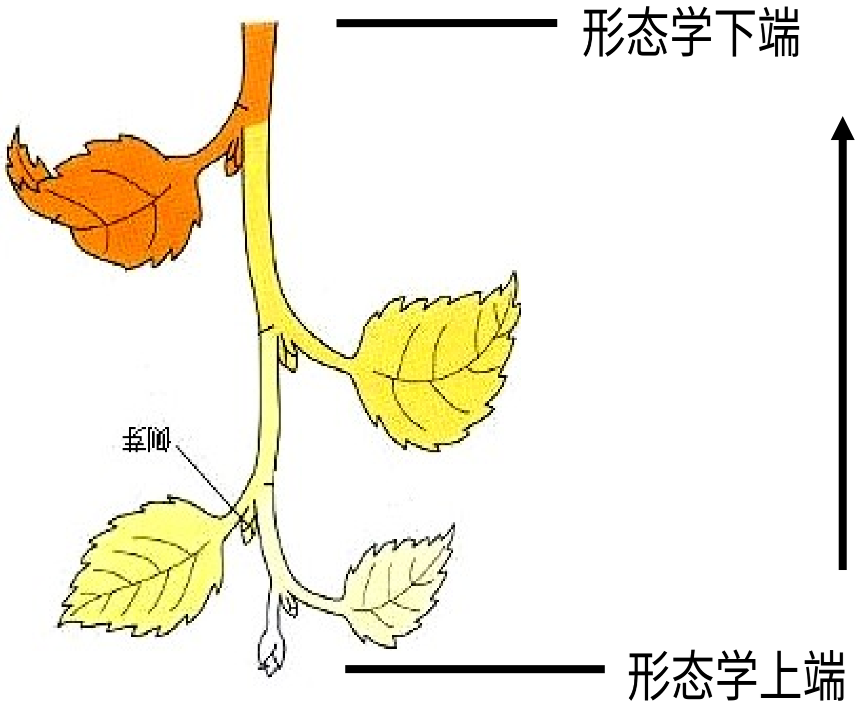
运输方向是由遗传物质决定的，不受重力影响。是一种短距离的局部单向运输。

极性运输：

正立时：

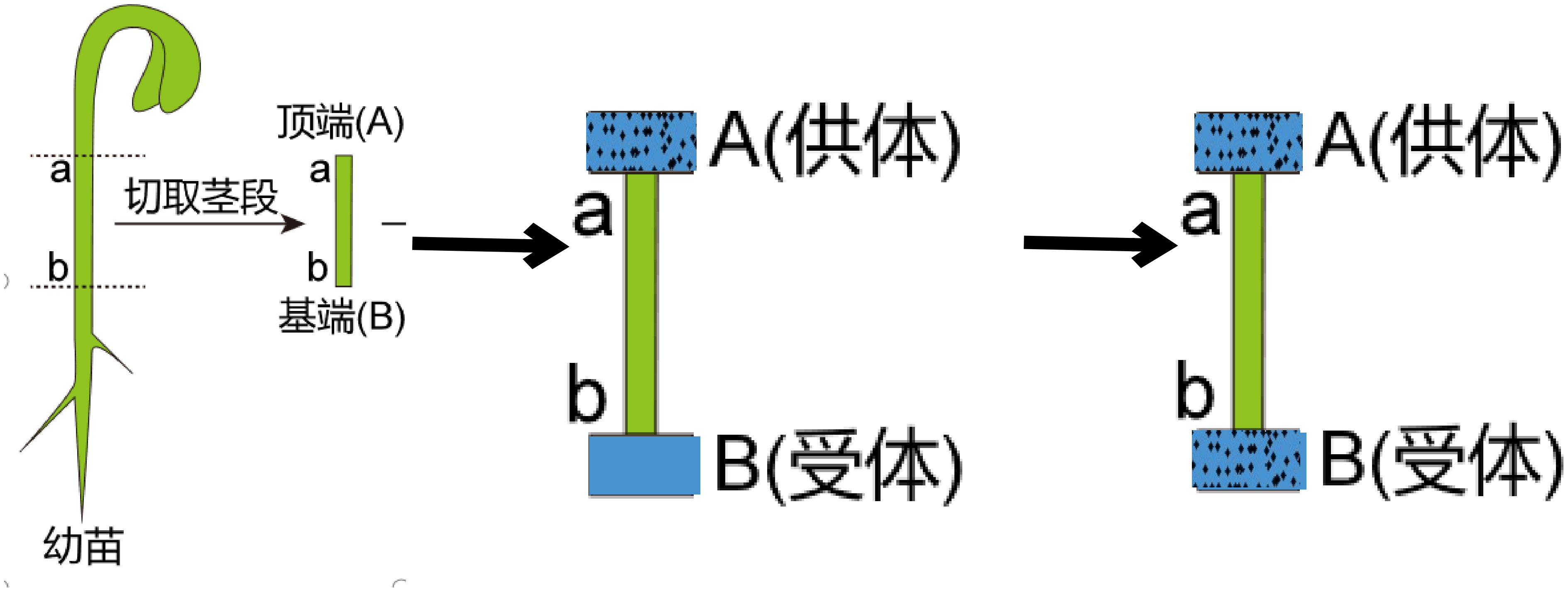


倒置时：



3. 生长素的运输

任务：阅读课本 P95“ 思维训练”设计实验，验证生长素的极性运输



思考 1 ：实验的结果和结论分别是什么?

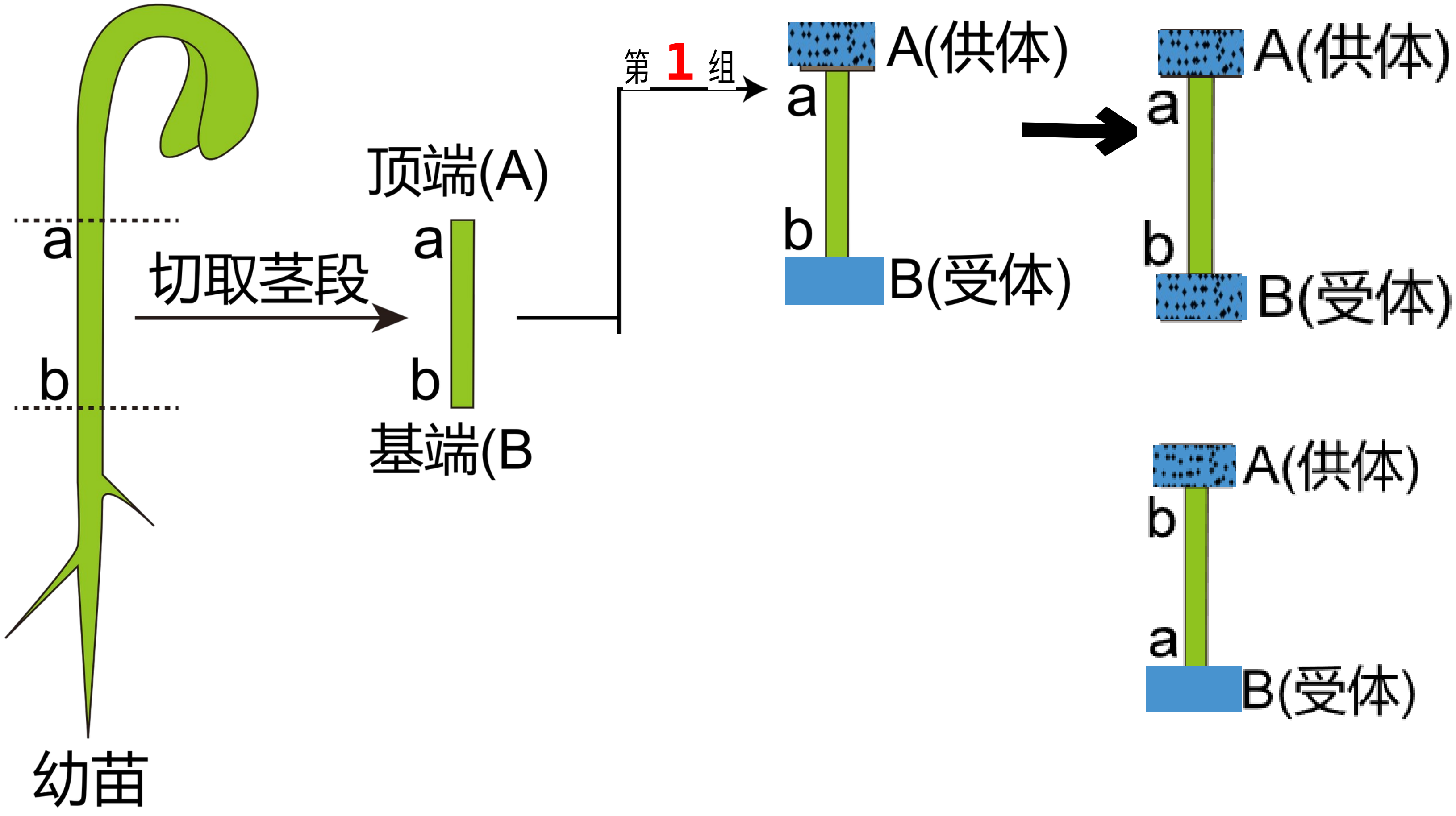
实验结果： B 处琼脂块中有生长素。

结论： A 处生长素可以从形态学上端运输到形态学下端。

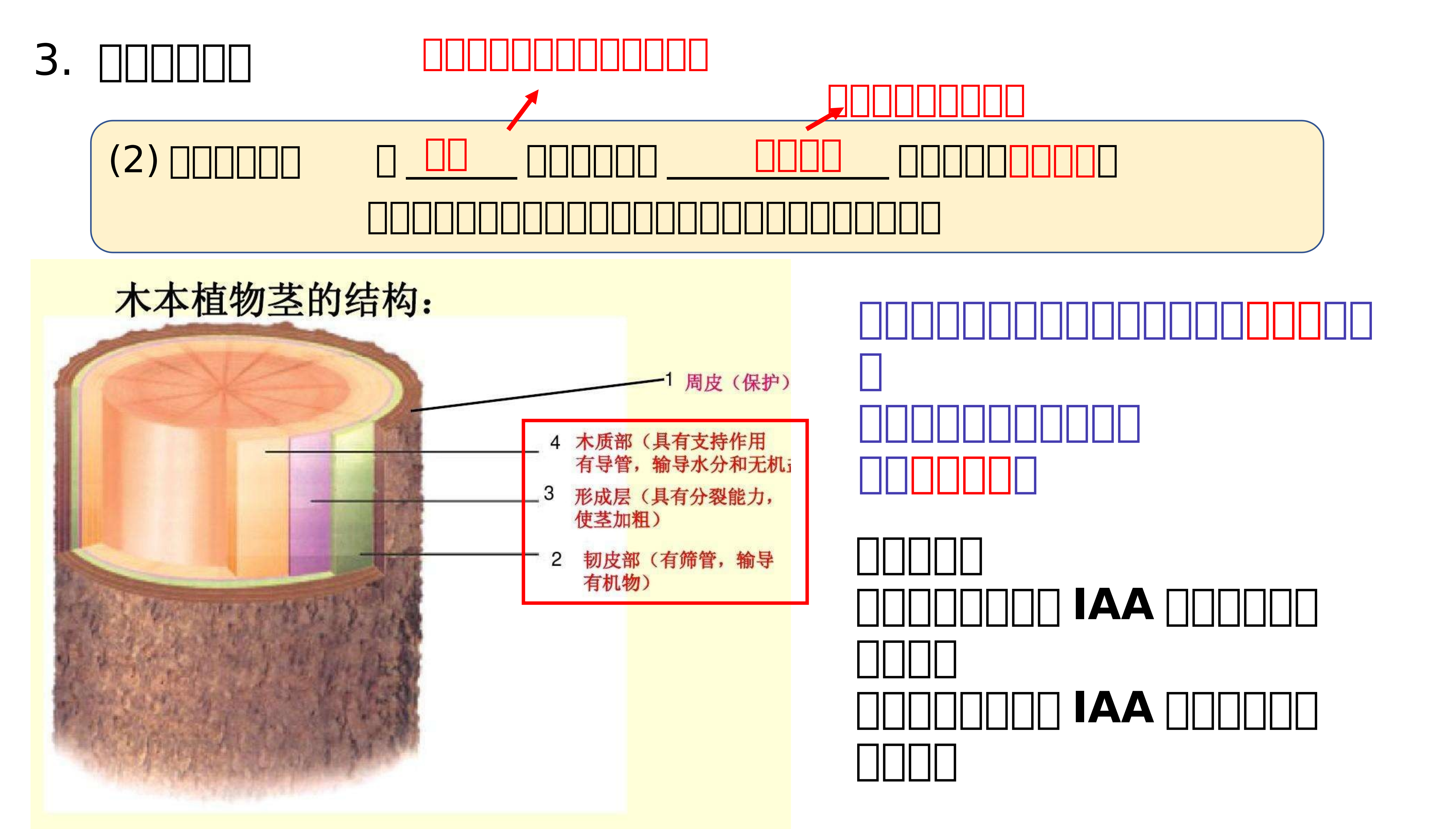
3. 生长素的运输

思考 2：上述实验能否证明生长素的极性运输？如果不能，如何改进实验？

不能证明



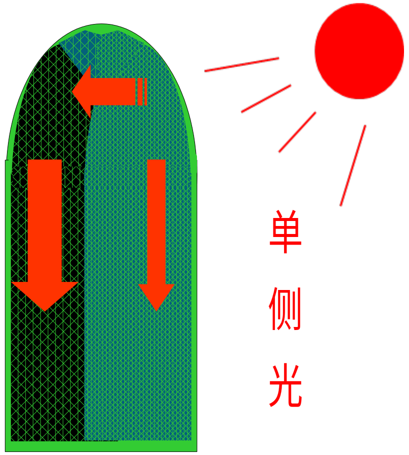
如实验结果为 B 处琼脂块中没有生长素，便可得出结论：生长素只能从形态学上端运输到形态学下端，而不能反过来运输。



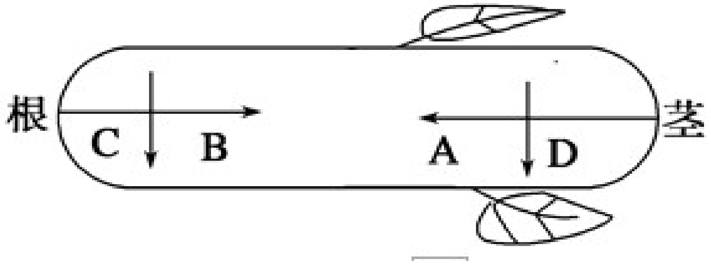
3.
(2)
木本植物茎的结构：
1 周皮（保护）
4 木质部（具有支持作用
有导管，输导水分和无机
3 形成层（具有分裂能力，
使茎加粗）
2 韧皮部（有筛管，输导
有机物）
IAA
IAA

3. 生长素的运输

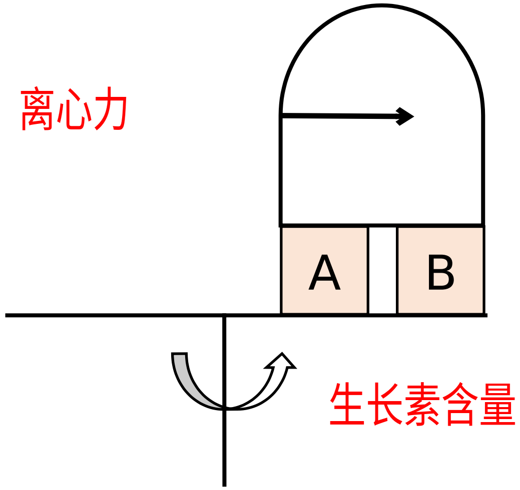
(3) 横向运输： 由于单侧光、重力、离心力等外界因素影响，在根尖、茎尖等生长素产生的部位，生长素可以横向运输，导致分布不均匀。



重 力



离心力



生长素含量 B 多于 A

注意： ① 单侧光、重力、离心力只影响生长素的分布，不影响生长素的合成。

② 受到以上刺激时，生长素在尖端既进行横向运输，又进行极性运输。

3. 生长素的运输

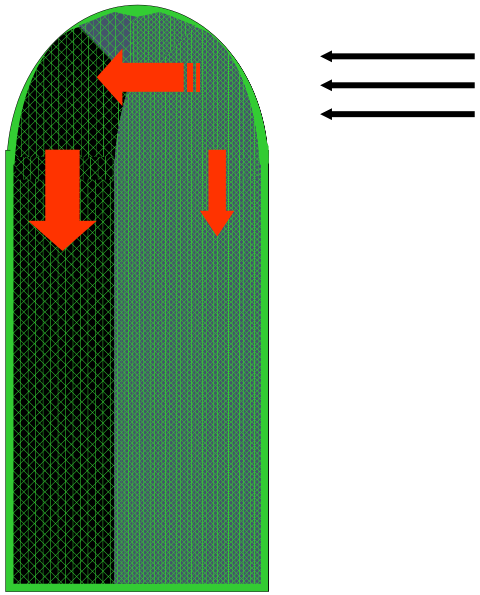
（1）极性运输 （幼嫩部位）

（2）非极性运输 （成熟组织）

生长素可以通过输导组织（韧皮部）进行非极性运输。

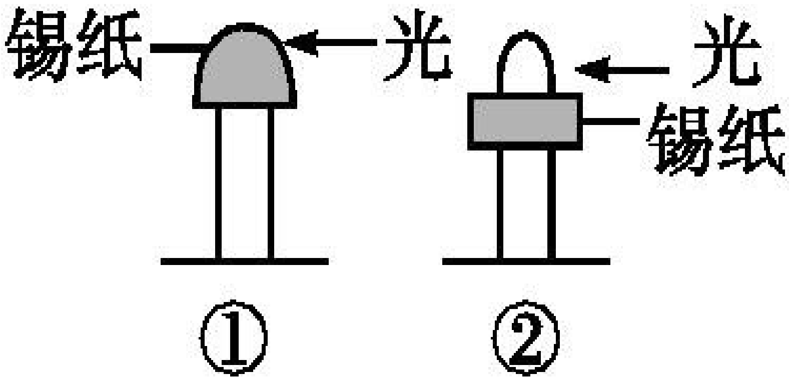
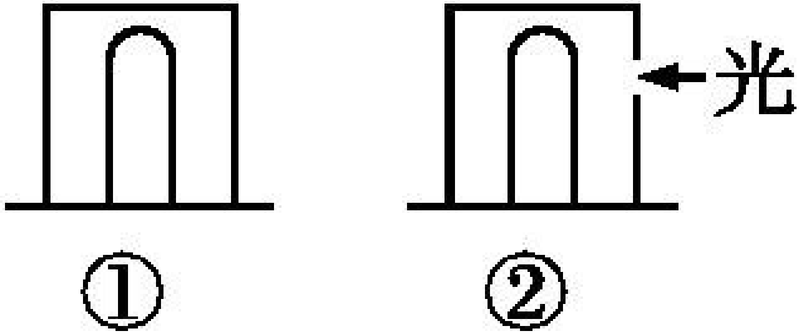
生长素的非极性运输和其他有机物（如光合产物糖类）的运输没有区别。

（3）横向运输 （根尖、茎尖等生长素产生的部位）

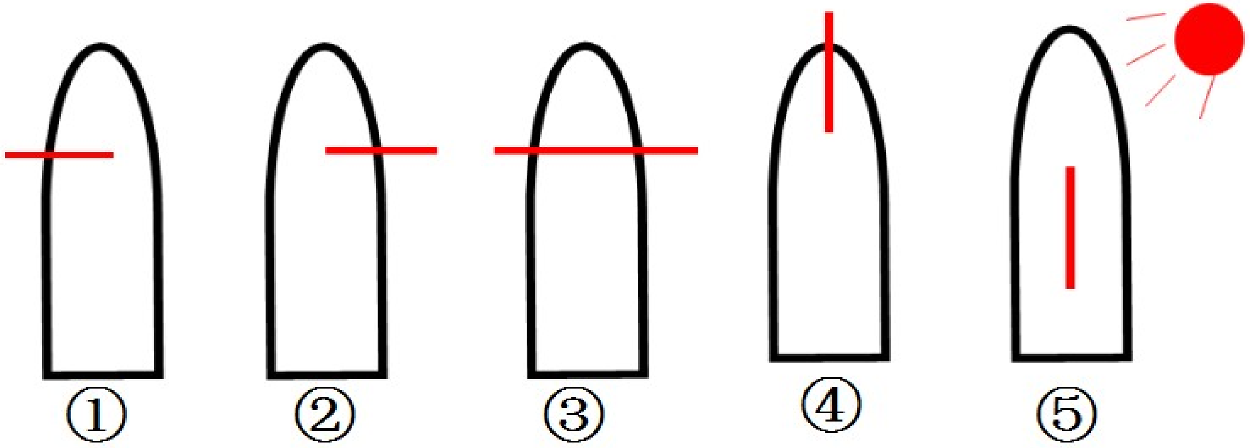


受外界某些单侧刺激（ 如单侧光、重力、离心力）的影响，生长素也可以横向运输。

不同处理条件下胚芽鞘生长状况分析

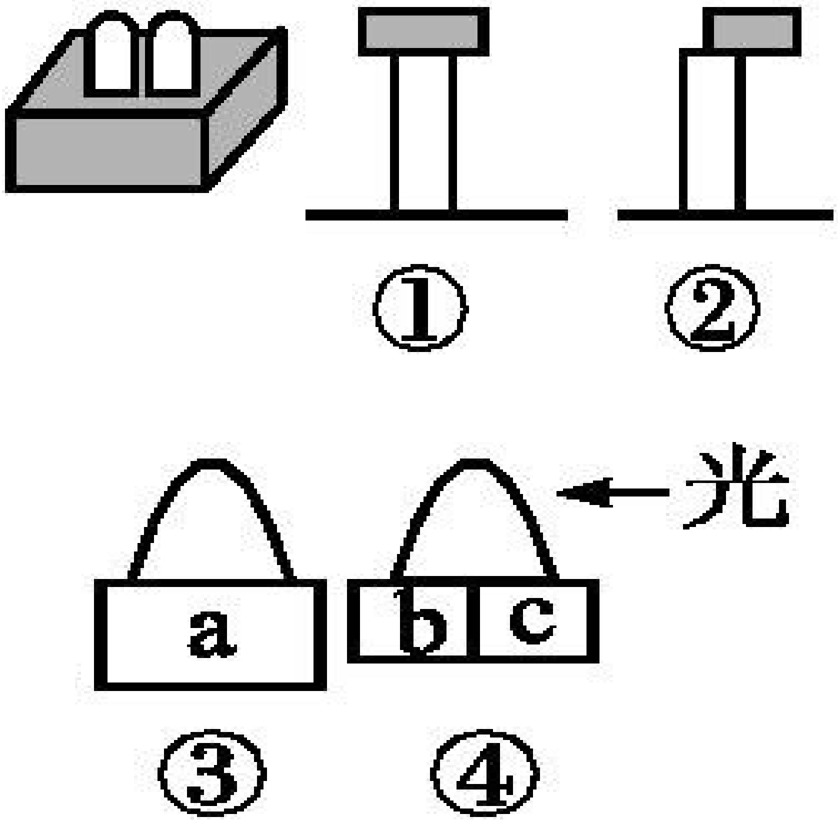
<table>
<tr><th>类别</th><th>处理条件图解</th><th>结果</th></tr>
<tr><td>遮盖类</td><td>
</td><td>① 直立生长
② 向光弯曲生长</td></tr>
<tr><td>暗箱类</td><td>
</td><td>① 直立生长
② 向光（小孔）弯曲生长</td></tr>
</table>

不同处理条件下胚芽鞘生长状况分析

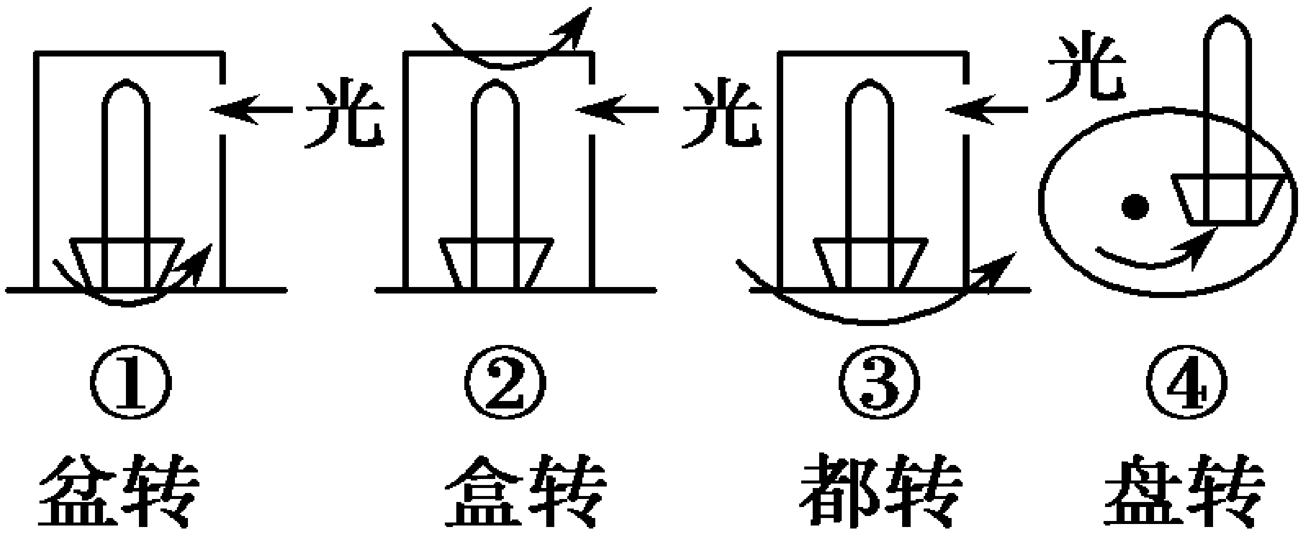
<table>
<tr><th>类别</th><th>处理条件图解</th><th>结果</th></tr>
<tr><td>插片类
（云母片）</td><td>
</td><td>① 向左弯曲生长
② 向右弯曲生长
③ 不生长不弯曲
④ 直立生长
⑤ 向右弯曲生长</td></tr>
</table>

- 长不长（看有无 **IAA** ）
  - 内源 **IAA**
  - 外源 **IAA**
- 弯不弯曲（看 **IAA** 是否分布均匀）
  - 均匀：直立生长
  - 不均匀：弯曲生长

不同处理条件下胚芽鞘生长状况分析

类别	处理条件图解	结果
移植类		① 直立生长 ② 向左弯曲生长 ③④中 IAA 含量: a=b+c 且 b＞c

不同处理条件下胚芽鞘生长状况分析

类别	处理条件图解	结果
旋转类		① 直立生长 ② 向光弯曲生长 ③ 向小孔弯曲生长 ④ 向中央弯曲生长

归纳总结

胚芽鞘系列实验的重要结论

① 生长素的产生部位：胚芽鞘尖端，感光部位：胚芽鞘尖端。

② 生长素横向运输的部位 胚芽鞘尖端，

③ 生长素发挥作用的部位（即生长部位）：胚芽鞘尖端下部的伸长区。

□ 生长素的产生是否需要光：不需要。

□ 生长素的作用：促进细胞伸长生长、促分裂、促分化。

□ 弯曲生长的原因：生长素分布不均匀，导致生长不均匀。

□ 引起生长素分布不均匀的原因：单侧光、重力、离心力等。